

И. В. Варламов
И. Л. Касаткин

Микро-процессоры в бытовой технике

Издательство «Радио и связь»



И. В. Варламов
И. Л. Касаткин

Микропроцессоры в бытовой технике



Москва
«Радио и связь»
1987

ББК 32.97
В 18
УДК 681.325.5-~~181.4:64~~

Варламов И. В., Касаткин И. Л.

В 18 Микропроцессоры в бытовой технике. — М.: Радио и связь, 1987. — 80 с.: ил. — (Массовая радиобиблиотека; Вып. 1110).

Рассмотрены вопросы использования микропроцессоров в бытовой технике Приведены основные характеристики отечественных микропроцессорных комплектов интегральных схем, дано понятие структуры микропроцессоров и организации микроЭВМ

Для подготовленных радиолюбителей.

В $\frac{2402020000\text{-}115}{046(01)\text{-}87}$ 67-87 ББК 32.97

Рецензенты: кандидаты техн. наук А. А. Васенков и А. В. Кривошейкин

Научно-популярное издание

ИГОРЬ ВЛАДИМИРОВИЧ ВАРЛАМОВ
ИГОРЬ ЛЕОНИДОВИЧ КАСАТКИН

МИКРОПРОЦЕССОРЫ В БЫТОВОЙ ТЕХНИКЕ

Редактор И. Н. Суслова
Художественный редактор Н С. Шеин
Технический редактор Г. З. Кузнецова
Корректор Т. В. Дземидович
ИБ № 1160

Сдано в набор 12 11 86 Подписано в печать 18 08 87
Т-04019 Формат 60×90/16 Бумага типографская № 2 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л 5,0 Усл кр.-отт. 5,375 Уч.-изд л 6,41
Тираж 40 000 экз Изд. № 21145 Зак № 126 Цена 45 к
Издательство «Радио и связь» 101000 Москва, Почтамт, а/я 693

Московская типография № 5 ВГО «Союзучетиздат». 101000 Москва, ул. Кирова, д 40

ВВЕДЕНИЕ

Задачи, выполняемые устройствами бытовой техники, можно отнести в основном к задачам управления теми или иными объектами, которые решаются с помощью микроЭВМ, ориентированных на выполнение функций управления (контроллеров).

Используя серийно выпускаемые интегральные схемы (ИС) микропроцессорных комплектов (МПК) [1—3], можно разработать и изготовить контроллер, например на серии ИС КР580 [4—8]. Однако современный уровень микроэлектроники позволяет объединить на одном кристалле (в одной БИС) основные функциональные узлы ЭВМ: арифметико-логическое устройство, память программ и оперативную память данных, устройства ввода, вывода и т. д. Такие интегральные схемы получили название однокристальных микроЭВМ (ОМЭВМ).

Применение ОМЭВМ при разработке позволяет существенно уменьшить количество корпусов БИС, используемых в контроллере, повысить надежность и снизить его общую стоимость. Эти достоинства ОМЭВМ привели к широкому использованию их в различных (в том числе и бытовых) приборах.

В настоящее время в нашей стране выпускаются в серии К145 однокристальные микроконтроллеры, ориентированные на бытовую технику. На бытовое применение ориентированы и однокристальные микроЭВМ КМ1816 и К1814. Внедрение перечисленных серий БИС в устройства бытовой техники началось сравнительно недавно. С этим связана недостаточная информированность радиолюбителей об их устройстве, принципе действия и возможностях применения. Данная книга представляет собой попытку восполнить этот пробел.

Кроме упомянутых выше ИС и специализированных микропроцессорных БИС, в бытовой аппаратуре находит применение серия микропроцессорных ИС КР580, однако эти ИС уже достаточно хорошо освещены в литературе и в данной книге не рассматриваются.

При написании книги использованы материалы по однокристальным микроЭВМ 8048 и 8748 фирмы Intel, TMS-1000 фирмы Texas Instruments, а также работы [9—12], касающиеся бытовых микроконтроллеров серии К145.

Для облегчения чтения последующего материала приведем пояснения к некоторым часто используемым определениям [2—4, 13—16].

Процессор — это основная часть ЭВМ, осуществляющая процесс обработки данных и управляющая им.

Микропроцессор (МП) — программно-управляемое устройство, осуществляющее процесс обработки цифровой информации и управления им, построенное на одной или нескольких интегральных микросхемах.

Микропроцессорная интегральная микросхема — интегральная микросхема, выполняющая функцию микропроцессора (микроконтроллера) или его части.

Микропроцессорная секция — микропроцессорная интегральная микросхема, реализующая часть микропроцессора (микроконтроллера) и обладающая средст-

вами простого функционального объединения с однотипными или другими микропроцессорными секциями для построения законченных микропроцессоров, микроконтроллеров или микро-ЭВМ.

Однокристальный микропроцессор (ОМП) — микропроцессор, выполненный в виде одной большой интегральной микросхемы.

Однокристальная микросистема — управляющая микропроцессорная система, выполненная в виде одной большой интегральной микросхемы.

Серия интегральных микросхем (серия) — совокупность типов интегральных микросхем, которые могут выполнять различные функции, имеют единое конструктивно-технологическое исполнение и предназначены для совместного применения.

Микропроцессорный комплект БИС (МПК) — совокупность микропроцессорных и других интегральных микросхем, совместимых по архитектуре, конструктивному исполнению и электрическим параметрам и обеспечивающих возможность совместного применения.

Микропроцессорный набор — совокупность микропроцессорных и других интегральных микросхем микропроцессорного комплекта БИС, номенклатура и количество которых необходимы и достаточны для построения конкретного изделия вычислительной или управляющей техники.

Микропроцессорная электронная вычислительная машина (микроЭВМ) — цифровая электронная вечислительная машина с интерфейсом ввода-вывода, состоящая из микропроцессора, полупроводниковой памяти и при необходимости пульта управления и источников электропитания, объединенных общей несущей конструкцией.

Однокристальная микроЭВМ (ОМЭВМ) — микроЭВМ, выполненная в виде одной большой интегральной микросхемы.

Память электронной вычислительной машины — функциональная часть ЭВМ, предназначенная для запоминания и (или) выдачи данных. По функциональному назначению память может быть оперативная, буферная и т. д.

Запоминающее устройство (ЗУ) — изделие, реализующее память.

Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) — внутреннее запоминающее устройство, обеспечивающее возможность оперативного изменения информации, используемое для записи, хранения и выдачи информации, в том числе во время выполнения программы и имеющее длительность цикла обращения, соизмеримую с длительностью цикла выполнения микропроцессором основных операций.

Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ) — запоминающее устройство с неизменяемым содержимым памяти.

В полупроводниковые ПЗУ информация записывается в процессе изготовления микросхемы путем соответствующего соединения запоминающих элементов на поверхности кристалла.

Программируемое постоянное запоминающее устройство (ППЗУ) — постоянное запоминающее устройство, в которое информация заносится однократно потребителем не в составе изделия и не может быть впоследствии изменена.

Репрограммируемое постоянное запоминающее устройство (РПЗУ) — постоянное запоминающее устройство, в котором информация может неоднократно изменяться с помощью специальных средств стирания и записи. Иногда такие ПЗУ называют также «перепрограммируемое ПЗУ».

На основе микропроцессорных интегральных микросхем создаются *микропроцессорные средства и системы* (МСС) — это совокупность изделий вычисли-

тельной и управляющей техники и их функционально и конструктивно законченных составных частей.

Нас интересуют *управляющие микропроцессорные системы* (УМС) — это микропроцессорные системы, содержащие микроЭВМ, устройства связи с объектом (с датчиками и исполнительными органами управляемого объекта) и периферийные устройства. Управляющая микропроцессорная система может не иметь собственных источников питания и органов управления.

В дальнейшем мы часто используем понятие *микроконтроллер* — это устройство управления, выполненное на основе микропроцессорного набора или микропроцессорной интегральной микросхемы и работающее по жесткому алгоритму с ограниченным набором входных сигналов.

Микропроцессоры, как и любая цифровая система, работают обычно в двоичной системе счисления, однако из-за простоты представления цифр в восьмеричной и шестнадцатеричной системах иногда используют и эти системы счисления для записи цифр. Один двоичный разряд называют *битом*, а восемь двоичных разрядов — восемь бит информации называются *байтом*. При оценке емкости памяти используют понятие К — это 1024 бит или килобит информации.

В двоичной системе используются цифровые символы 0 и 1, в восьмеричной — 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, а в шестнадцатеричной — 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, A, B, C, D, E, F. Причем символ A — соответствует десятичной цифре — 10, B — 11, C — 12, D — 13, E — 14, F — 15.

Для перевода числа из двоичной системы в десятичную следует записать полином по степеням числа 2. Рассмотрим, например, для числа 1011,1:

$$1011{,}1_2=1\times2^3+0\times2^2+1\times2^1+1\times2^0+1\times2^{-1}=$$

$$=1\times8+0\times4+1\times2+1\times1+1\times0{,}5=11{,}5_{10},$$

т. е. 11,5 есть десятичный эквивалент числа 1011,1. Для преобразования двоичного числа в восьмеричную форму следует объединить двоичные цифры в группы по 3 бита (три двоичных разряда), продвигаясь от запятой вправо и влево. Если необходимо, то к началу целой части и концу дробной добавляют нули Затем каждую трехбитовую группу заменяют восьмеричной цифрой. Для рассмотренного выше примера проведем преобразования в восьмеричный код:

$$1011{,}1_2=001011{,}100_2=13{,}4_8$$

Аналогично для шестнадцатеричного кода каждой шестнадцатеричной цифре будет соответствовать группа из четырех бит, т. е.

$$1011{,}1_2=1011{,}1000_2=8{,}8_{16}.$$

Рассмотрим еще пример:

$$101111{,}01_2=101111{,}010=57{,}2_8=00101111{,}0100_2=2F{,}4_{16}.$$

Часто информация представляется в виде двоично-десятичного кода (иногда его называют код 8421). Это удобно при индикации информации, так как каждые 4 бита дают информацию в свой десятичный разряд индикатора. Он образуется заменой каждого десятичного разряда в десятичном числе его четырехбитовым двоичным представлением. Например, число 961 будет представлено 1001010001. При работе с двоичными числами используется двоичная (булева) алгебра. Двоичная (булева) алгебра имеет дело с двумя константами — логическим 0 и логической 1. Дадим определения наиболее важных операций. Операция И (логическое умножение или конъюнкция) обозначается точкой между переменными

или знаком $\wedge$. Логическое умножение двоичных чисел подчиняется следующим правилам: $0\wedge0=0$; $0\wedge1=0$; $1\wedge0=0$; $1\wedge1=1$.

Операция ИЛИ (логическое сложение или дизъюнкция) обозначается знаком $+$ или $\vee$ и выполняется в соответствии со следующими правилами: $0\vee0=0$; $0\vee1=1$; $1\vee0=1$; $1\vee1=1$.

Операция НЕ или инверсия обозначается черточкой над переменной и определяется так: $\overline{0}=1$; $\overline{1}=0$.

Двоичное сложение производится так же, как и десятичное, но единица переноса в следующий разряд появляется при наличии двух единиц в соответствующих разрядах слагаемых.

В микропроцессорах для вычитания используют операцию двоичного сложения, причем в качестве второго слагаемого (вычитаемого) используется двоичное дополнение.

Двоичным дополнением числа является такое число, которое в сумме с первоначальным даст 1. Так число 110010 имеет двоичное дополнение 001110.

Двоичное умножение производится аналогично десятичному сдвигом на один разряд влево каждого частичного произведения и их последующим сложением.

Деление двоичных чисел можно произвести аналогично десятичным, используя правила двоичного вычитания и умножения.

МИКРОКОНТРОЛЛЕРЫ СЕРИИ К145

В серии К145 разработан ряд простых однокристальных микроконтроллеров [10] с малой потребляемой мощностью, ориентированных на бытовое применение (табл. 1). Они выполнены по p-канальной МОП-технологии с напряжением питания 27 В (9 В у БИС К145ИК1916 и К1011ВГ101) и имеют относительно высокую помехозащищенность. Для БИС серии К145 характерно, что логический 0 задается напряжением высокого уровня (от 0 до 2 В), а логическая 1 — напряжением низкого уровня (от —8 до —27 В).

Структура базовых БИС К145ИК18 и К145ИК19

Для разнообразных практических задач был разработан в серии К145 ряд базовых однокристальных микро-ЭВМ: К145ИК5, К145ИК13, К145ИК18, К145ИК19 [9]. На использование в бытовой технике ориентированы семейства БИС К145ИК18 и К145ИК19. Причем на основе БИС К145ИК18 создаются универсальные микроконтроллеры широкого применения, программа действий которых заносится во внешнее ЗУ и может изменяться пользователем. На основе БИС К145ИК19 создаются в основном специализированные микроконтроллеры, работающие по жесткой программе, занесенной во внутреннюю память микроконтроллера.

В структурах обеих БИС (рис. 1,2) много общего. Отличие их заключается в емкости ОЗУ и ПЗУ, наличии у БИС К145ИК19 внутреннего генератора, разном количестве портов ввода и вывода и т. д. В БИС К145ИК19 также предусмотрена возможность отсчета точного времени.

К145ИК18. Эта микросхема является базовой для семейства микроконтроллеров. Получение на ее основе микросхем различного функционального назначения осуществляется в процессе изготовления за счет замены одного из фотошаблонов, содержащего соответствующие связи в ПЗУ.

Структурная схема БИС К145ИК18 (рис. 1) содержит: устройство управления (УУ); операционное устройство (ОУ) и устройство синхронизации (УС).

Устройство управления состоит из триггера клавиатуры ТгК, регистра ветвлений, счетчика адреса команд Сч АК, ПЗУ команд, ПЗУ синхропрограмм, ПЗУ микрокоманд. Триггер ТгК формирует признак нажатой клавиши, а регистр ветвлений обеспечивает необходимые переходы (ветвления) путем изменения состояния Сч АК. Управляется регистр ветвления от клавиатуры регистра PrR или от ПЗУ команд. Состояние Сч АК задается с клавиатуры через регистр ветвлений, от ПЗУ команд программно или от регистра статуса.

Постоянное запоминающее устройство команд имеет объем 128 девятнадцатиразрядных слов, содержащих адресное поле, поле кода условного ветвления (КУС), кода выполняемых команд (КОП), кода модификации синхропрограммы (КОМ). Поле адреса совместно с кодом модификации синхропрограммы опре-

Таблица 1. **БИС широкого применения серии К145**

Тип БИС (тип корпуса)	Назначение	Область применения
К145ИК1801	Сопряжение вычислительных устройств, создаваемых на базе комплекса К145ИК5 с датчиками, установленными в периферийном оборудовании	Контрольно-измерительные комплексы
К145ИК1802 (244.48-5)	Управление электромеханическими печатающими устройствами типа ДК-278 в микрокалькуляторах на базе БИС К145ИК508	Вычислительная техника
К145ИК1803	Управление устройствами ввода-вывода, сопряжение с ЗУ и с микро-ЭВМ «Электроника-60»	То же
К145ИК1805	Управление термопечатающими устройствами «Электроника УТП-15» в составе программируемых калькуляторов	— » —
К145ИК1807 (244.48-5)	Управление электробытовыми приборами (стиральными машинами, холодильниками и т. п.), манипуляторами и т. д.	Бытовая техника
К145ИК1808 (244.48-5)	Программируемый преобразователь уровня аналоговых сигналов	Периферийное оборудование средств вычислительной техники
К145ИК1809 К145ИК1810 (244.48-5)	Центральный процессор для обработки информации в микро-ЭВМ невысокого быстродействия	Вычислительная техника
К145ИК1812, К145ИК1813	Микроконтроллеры для управления минитермопринтером	То же
К145ИК1814	В комплекте с К145ИК1809 и К145ИК1810 служит для управления индикатором, клавиатурой и сигнализацией	— » —
К145ИК1901 (244.48-5)	Работа в реальном масштабе времени и в режиме таймера	Электронные часы, системы оповещения
К145ИК1902	Выполнение операций порогового суммирования	Медицинская техника
К145ИК1903	Автоматическое вычисление и контроль скорости движения, расхода горючего и его запаса	Автомобильная электроника
К145ИК1905 (244.48-5)	Прием, хранение, выдача и контроль информации в десятичном коде	Приставка к телефонному аппарату
К145ИК1906 (244.48-5)	Контроль и управление режимами работы лентропротяжного механизма магнитофона	Бытовая техника
К145ИК1907 (244.48-5)	Многофункциональный таймер-программатор для управления процессами в реальном масштабе времени	Управление технологическими процессами, бытовая техника
К145ИК1908 (244.48-5)	Многофункциональный таймер-программатор с привязкой к реальному времени в минутах и секундах	То же
К145ИК1909 (244.48-5)	Микроконтроллер для автоматизации обработки фотопленки и фотопечати	Бытовая техника
К145ИК1910 (244.48-5)	Работа в системах автоматического поддержания определенного параметра в заданном интервале	Поддержание постоянства температуры, влажности и т. п.

Окончание табл. 1

Тип БИС (тип корпуса)	Назначение	Область применения
К145ИК1912 (244.48-5)	Передача информации в телефонную линию связи	Для обеспечения оперативной связи с диспетчерскими пунктами
К145ИК1913 (244.48-5)	Для программного управления работой лентопротяжного механизма при воспроизведении звука	Бытовая техника
К145ИК1914 (244.48-5)	Счетчик, таймер, выполняющий отсчет дискретных значений параметра с привязкой к реальному времени	В системах автоматического контроля и бытовых магнитофонах
К145ИК1915	Для автоматического управления электропроигрывателем	Бытовая техника
К145ИК1916	Управление самоходными системами, роботами, электронными игрушками	Технологическое оборудование, бытовая техника
К1011ВГ101 (2123.40-1)	Управление технологическими процессами и оборудованием с повышенным быстродействием (расширение К145ИК1807)	Бытовая техника. Для построения быстродействующих микроконтроллеров

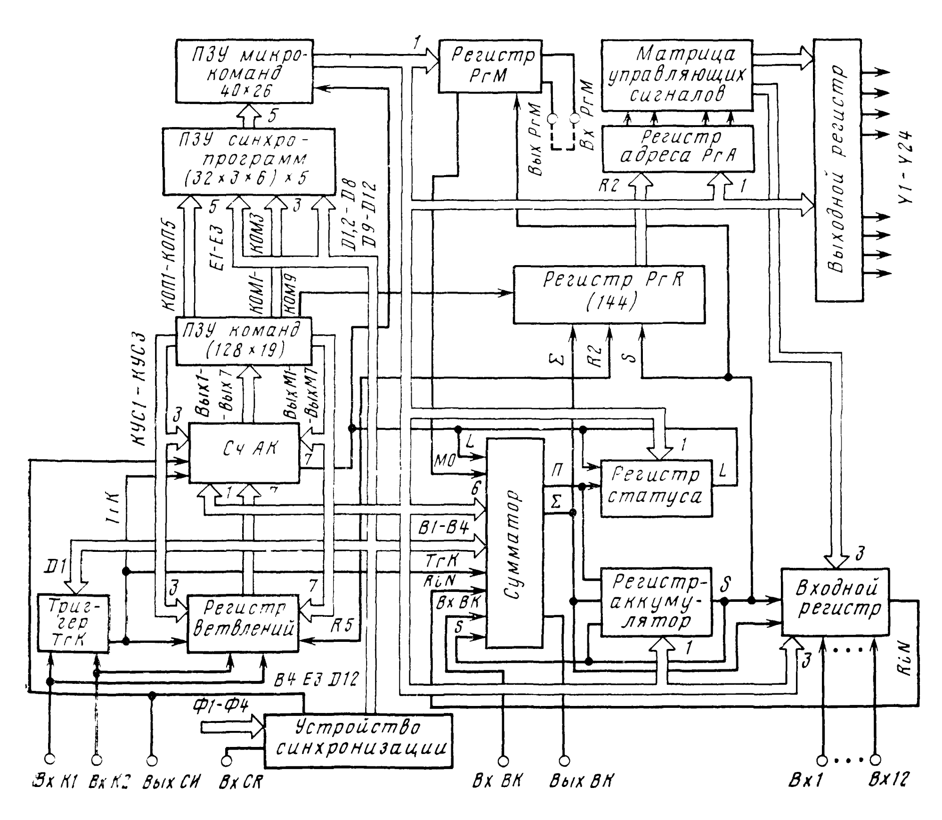


Рис. 1. Структурная схема базовой БИС К145ИК18

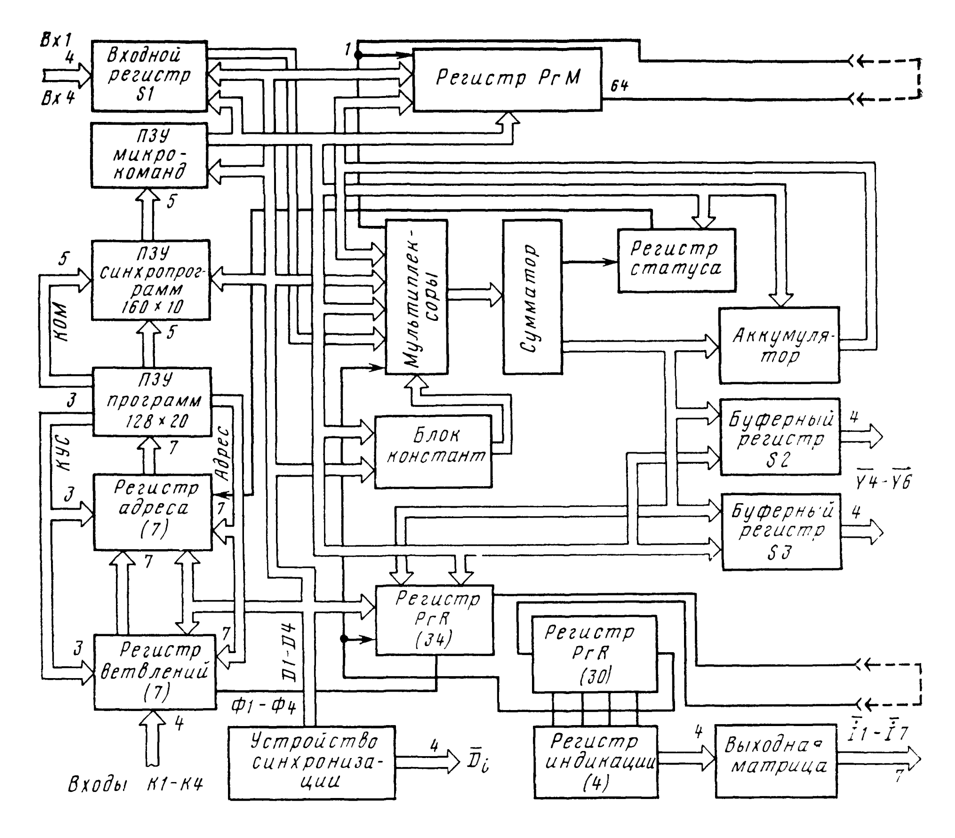


Рис. 2. Структурная схема базовой БИС К145ИК19

деляет часть адреса кода команды ПЗУ синхропрограмм. Вторая часть адреса для ПЗУ синхропрограмм определяется устройством синхронизации. Коды команд из ПЗУ синхропрограмм поступают на ПЗУ микрокоманд синхронно с перемещением информации в ОЗУ, а ПЗУ микрокоманд выдает управляющие сигналы (микрокоманды), которые обеспечивают выполнение требуемых действий.

Операционное устройство состоит из входного регистра, сумматора, регистра статуса (L), регистра аккумулятора (S), оперативных регистров памяти (PгM и PгR), регистра адреса (PгA), матрицы управляющих сигналов, выходного регистра. Операционное устройство предназначено для хранения исходной информации, обработки ее и формирования выходных управляющих сигналов Y1 — Y24 для внешних объектов.

Оперативное запоминающее устройство структурно представляет собой два автономных динамических сдвиговых регистра (PгM и PгR) с программно перестраиваемой разрядностью.

Сумматор совместно с регистрами L и S предназначен для оперативной обработки информационных слов. Регистр статуса L, кроме функции триггера переноса 1 в старшую тетраду, задает УУ дополнительный параметр, расширяя тем самым гибкость в выборе методов адресации.

Наличие входного регистра и входа ВК позволяет расширить входную логику сумматора с предварительным запоминанием и обработкой входной информации.

Регистр адреса РгА и матрица управляющих сигналов предназначены для считывания информации из оперативного регистра PrR и преобразования ее в коды входных управляющих сигналов, подаваемых на входной и выходной регистры.

Устройство синхронизации состоит из кольцевых последовательных счетчиков СтВ, СтР, СтД. Устройство синхронизации предназначено для формирования временны́х интервалов B1 — B4, E1 — E3, D1 — D12 и временно́й привязки к ним (синхронизации) всех процессов по анализу и обработке информации. Устройство синхронизации представляет собой три последовательных кольцевых счетчика, построенных на основе динамических сдвиговых регистров. Вход СИ предназначен для подачи внешнего синхронизирующего импульса в случае необходимости синхронизации работы от внешних устройств. Взаимодействие между собой во времени функциональных узлов и блоков базовой БИС К145ИК18 определяется конкретно для каждого из вариантов исполнения БИС.

К145ИК19. Эта микросхема ориентирована на решение задач управления с привязкой управляющих сигналов к текущему значению времени. Она является базовой для микроконтроллеров семейства К145ИК19. Алгоритм работы в зависимости от конкретного исполнения вводится в память схемы при ее изготовлении. Возможно подключение к схеме БИС индикатора, помогающего контролировать ввод необходимых данных и результаты обработки.

Структура БИС К145ИК19 (рис. 2) во многом похожа на структуру К145ИК18 и содержит практически те же блоки.

В устройстве управления аналогично предыдущей БИС ПЗУ программ содержит программы из стандартных команд для арифметико-логическое устройство (АЛУ) объемом 128 двадцатиразрядных слов. Каждое слово определяет трехразрядный код условного перехода (КУС), семиразрядный код адреса следующей команды, выбора адреса из ПЗУ синхропрограмм и кода модификации синхропрограммы (КОМ). Постоянное запоминающее устройство синхропрограммы задает адреса в ПЗУ микрокоманд и их временну́ю привязку, т. е. синхронизирует обработку информационного слова с движением информации в сдвиговых регистрах оперативной памяти. Постоянное запоминающее устройство микрокоманд осуществляет непосредственное управление АЛУ путем задания элементарных операций, таких как пересылки, сдвиги, логическое сравнение, суммирование и т. п.

Арифметико-логическое устройство, включающее мультиплексор данных, одноразрядный сумматор, регистр статуса, аккумулятор, регистры оперативной памяти РгМ, PrR, S1, блок констант, регистр индикации, выходную матрицу и два буферных регистра S2 и S3 для выдачи внешних управляющих сигналов, предназначено для обработки информационных слов, хранения их и выдачи результатов обработки в виде управляющих сигналов на внешние устройства. Управляющие сигналы выдаются на внешние устройства через буферные регистры S2 и S3, информация для отображения на индикаторном устройстве выдается параллельно через регистр индикации и выходную матрицу, в которой двоичные коды преобразуются в коды семисегментных десятичных цифр. Рассматриваемая структура АЛУ позволяет задавать определенные режимы работы схемы по состоянию регистра статуса, подключенного на выход сумматора. Из-

менение состояния регистра статуса осуществляется при обработке содержимого регистров PrM, PrR, S1, блока констант. Для расширения памяти регистров PrM и PrR, если это потребуется при перепрограммировании и изменении назначения БИС, предусмотрена возможность подключения последовательно внешних регистров памяти.

Устройство синхронизации предназначено для генерации четырех фазовых импульсов Ф1 — Ф4, обеспечивающих синхронизацию всех процессов приема, обработки и выдачи информации. Устройство синхронизации содержит задающий генератор (ЗГ), формирующий прямоугольные импульсы Ф1 — Ф4, двоичный счетчик, формирующий временны́е последовательности синхронизирующих импульсов E1 — E3, D1 — D4. В момент окончания одного цикла работы УС формируется импульс СИ, который может быть использован для различных целей во внешних устройствах.

Для задания ЗГ необходимого режима работы имеется возможность подключения времязадающих RC-цепей или внешнего кварцевого резонатора типа РК101А (32768 Гц).

Задающий генератор настроен на частоту 32768 Гц. Поэтому доступ к памяти осуществляется со скоростью обмена, равной 32768 бит/с. При счете текущего времени основная частота ЗГ делится на 64 и, таким образом, формируется временно́й интервал 1/512 с, равный времени исполнения команды, считанной из ПЗУ программ, а также периоду повторения циркуляции информации в оперативных регистрах PrM, PrR. Нормировано и суммарное время опроса состояния клавиатуры, анализа состояния сигналов и схемы в целом, время выдачи выходной информации. Это время не должно превышать 0,5 с.

Универсальная микроконтроллерная БИС К145ИК1807

В семействе БИС К145ИК18 эта БИС наиболее универсальна по своему применению [10] и предназначена для управления бытовыми приборами (в частности, стиральными машинами, холодильниками, СВЧ-печами и т. д.), но может быть использована и для других применений. Она позволяет управлять работой внешних устройств с учетом заданного времени включения-выключения и состояния датчиков, контролируемых программно.

БИС К145ИК1807 имеет 48 выводов, 15 из которых используются как входы и 24 — как выходы. Назначение выводов приведено на рис. 3. Тактовая частота фаз контроллера, подаваемая от генератора фаз (ИС К165ГФ2) на выводы 1—4, равна 120 кГц. Выводы 5—8 и 10—13 используются для приема информации из внешнего ПЗУ, максимальная емкость которого 4К восьмибитовых слов. Вывод 20 (вход ВК) предназначен для подачи на него синхронизирующих импульсов, в качестве которых в контроллере используется напряжение сети переменного тока частотой 50 Гц. При использовании другого источника импульсов по входу ВК следует иметь в виду, что его частота должна быть равна 50 Гц, длительность импульсов не менее 10 мс, пауза не менее 2 мс, а уровень логической единицы не менее 8 В. Синхронизирующие импульсы управляют таймером и сменой управляющих импульсов для исполнительных устройств, которые появляются на выходах БИС с задержкой в 1...2 мс относительно появления на входе ВЧ уровня логической I. После выполнения команд исполнительными устройствами, управляющие выходы отключаются также с задержкой в 1...2 мс относительно появления уровня единицы на входе ВК. Так проис-

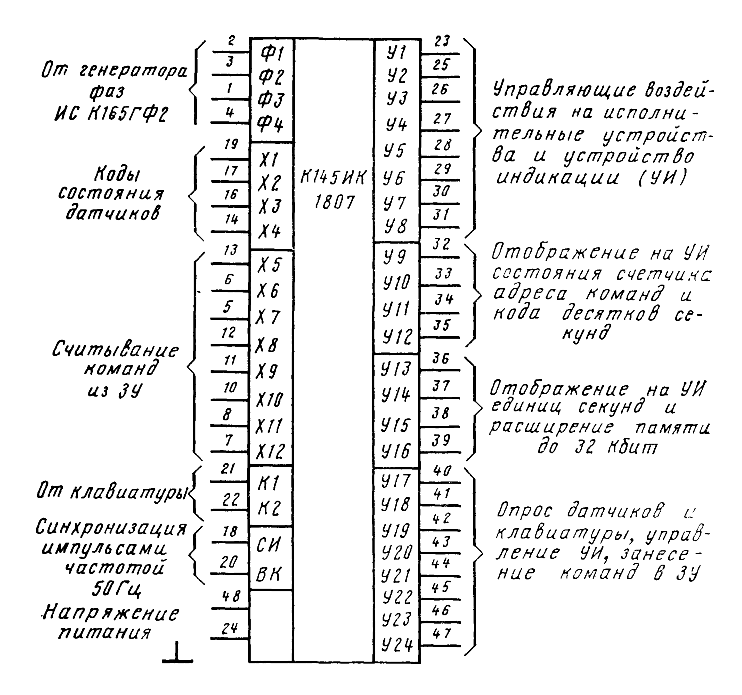


Рис. 3. Назначение выводов БИС К145ИК1807

ходит смена кодов управления, причем минимальный период коммутации исполнительных устройств составляет 40±2 мс. Следует отметить, что использование в качестве синхроимпульсов сетевого напряжения позволяет коммутировать исполнителные устройства в момент протекания через них минимального тока (т. е. в момент перехода сетевого напряжения через ноль). Входы К1 и К2 (выводы 21, 22) используют для ввода информации с клавиатуры, схема подключения которой представлена на рис. 4.

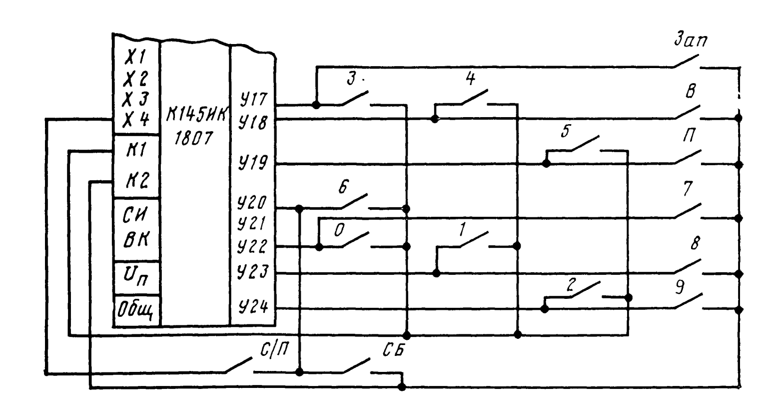


Рис. 4. Схема подключения клавиатуры к БИС К145ИК1807

БИС имеет восемь выходов для управления объектами, что позволяет осуществить управление 256 объектами и может опрашивать параллельно до 32 датчиков, принимая сигналы от них по четырем входам.

Номинальное питающее напряжение (вывод 48) —27 В, а напряжение на любом из входов БИС не должно превышать —29,7 В относительно общей точки (вывод 24). Входное сопротивление любого из входов 40...70 кОм. Выходы БИС представляют собой р-МОП-транзисторы с оторванным стоком, сопротивление которых в открытом состоянии 1 кОм, а в закрытом — 5 МОм.

Построение микроконтроллеров на БИС К145ИК1807

Контроллер осуществляет управление внешними объектами по программам, записанным в ПЗУ, и состоит из модуля управления и устройства ввода-вывода. Структурная схема модуля управления контроллера на базе БИС К145ИК1807 приведена на рис. 5. Он состоит из микроконтроллерной управляющей БИС К145ИК1807 (1), полупостоянного запоминающего устройства на двух ИС К1601РР1 (2), общей емкостью 2К×4 бит, которое после отладки программы заменяется постоянным ЗУ аналогичной организации; генератора фаз на ИС К165ГФ2 (3); инвертора сигналов опроса клавиатуры К1 и К2 (4) и устройства ввода-вывода, которое включает в себя клавиатуру и индикаторные устройства.

Для упрощения структуры БИС микроконтроллера в основу алгоритма ее работы положено: включение исполнительного устройства; временна́я выдержка, анализ состояния датчиков (при их наличии), принятие решения и выдача управляющих команд, выключение исполнительного устройства. Далее процесс может повторяться для другого исполнительного устройства и ветвиться в зави-

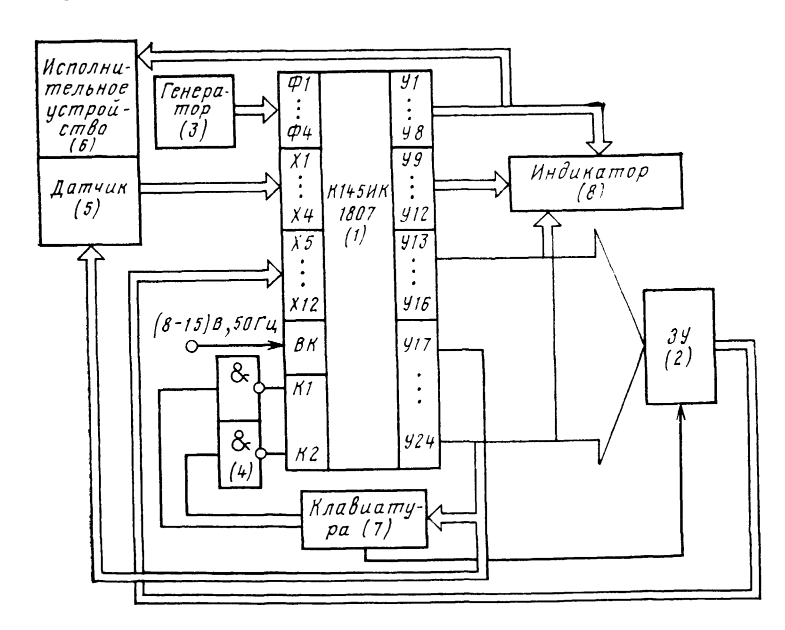


Рис. 5. Структурная схема контроллера на базе БИС К145ИК1807

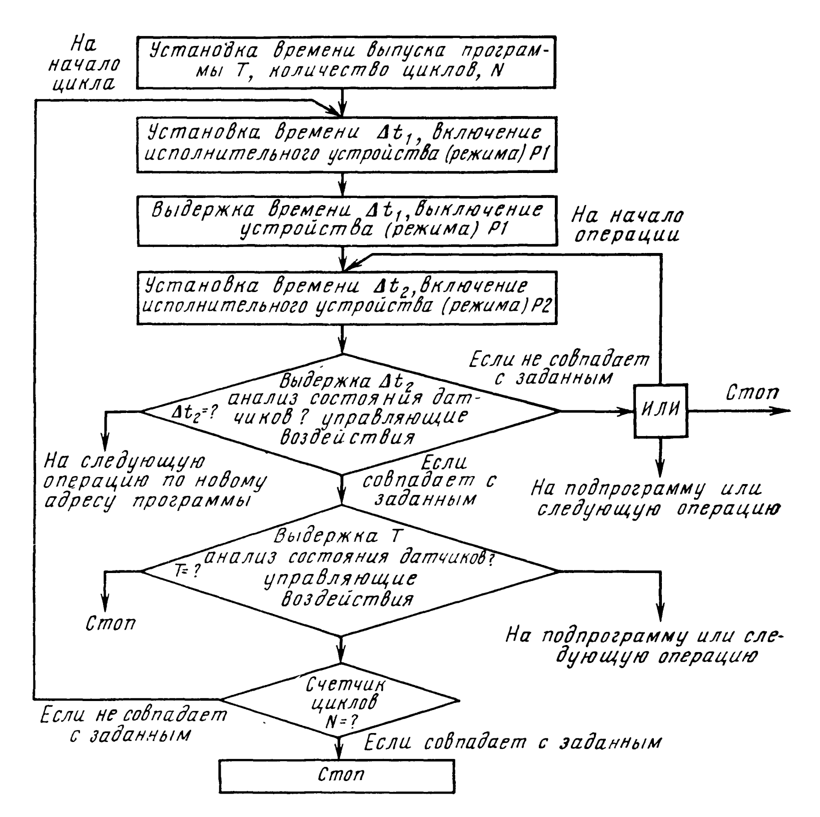


Рис. 6. Алгоритм управления внешним объектом БИС К145ИК1807

симости от состояния соответствующих датчиков. В общем виде такой алгоритм работы контроллера на БИС К145ИК1807 представлен на рис. 6. Он позволяет организовать большое число циклов повторения некоторых операций с возможностью прерывания программы и изменением управляющих воздействий в зависимости от состояния датчиков.

Опрос датчиков осуществляется по восьми шинам подачей на Y17—Y24 выходы БИС восьмибитового кода опроса. При этом анализируется четырехбитовый код состояния датчиков по выходам X1—X4. Управляющая информация выдается на выходы Y1 — Y8 БИС восьмибитовым кодом управления. Для обмена информацией между пользователем и контроллером служит устройство ввода и вывода, которое имеет клавиатуру (см. рис. 4) для ввода исходной информации и управления работой контроллера и исполнительных устройств, а также индикаторы для визуального контроля процесса отладки программы и ее исполнения. Опрос клавиатуры осуществляется путем выдачи сигналов напряжения низкого уровня (от —8 до —27 В) с выходов Y17—Y24 БИС на входные шины клавиатуры и анализа состояния выходных ее шин по выходам К1 и К2 БИС. При вводе информации нажимается клавиша, в результате замыкается соответствующая цепь и на выходах Y17—Y24 БИС появляются импульсы кода нажатой клавиши, соответствующего цифре или оператору. Например, кла-

виша 6 замыкает цепь: вых. Y20 — вход К1; клавиша П замыкает цепь: Y19 — вход К2 БИС.

С помощью цифровых клавиш вводятся номер записываемой или исполняемой программы, время, адрес, цифровой код опроса датчиков и управления исполнительными устройствами. Клавиши управления (рис. 4) имеют следующее функциональное назначение:

Зап — устанавливает режим записи программы, вводимой с клавиатуры в ЗУ (ОЗУ, ПЗУ);

П — начальный пуск контроллера на выполнение программы управления;

СБ — останов выполнения программы и сброс введенного номера программы;

С/П — совместно с клавишей 6 выполняет прерывание программы;

В — ввод информации в стековую память БИС и продвижение ее в стеке.

Для выполнения какого-либо режима работы внешнего объекта, управляемого контроллером, с помощью клавиатуры набирается номер соответствующей программы, а также заносятся во внутреннюю память БИС все исходные данные (время, код опроса датчика и т. д.). Номер программы может быть проконтролирован по индикаторному устройству. После ввода исходных данных и индикации номера заданной программы контроллер переходит в режим ожидания команды «Пуск». Эта команда может быть задана пользователем с клавиатуры ввода в зависимости от готовности объекта к выполнению требуемой программы. Вызов требуемой программы осуществляется в следующем порядке: выдача кода адреса начальной команды, считывание информации по этому адресу и выполнение ее, выдача следующего адреса и т. д.

При выполнении программы микроконтроллер выдерживает заданные временные интервалы, опрашивает датчики, анализирует их состояние и выдает команды управления объектом.

Останов программы управления осуществляется в соответствии с заданной программой по команде «Стоп», а также с клавиатуры нажатием соответствующих клавиш.

Разработка микроконтроллера на базе БИС К145ИК1807 должна включать следующие этапы: постановку задачи; составление программы; ввод подпрограммы в ППЗУ и ее отладка [на этом этапе можно использовать специально разработанное для БИС К145ИК1807 устройство ввода «Программатор ПУ-07», клавиатура которого содержит цифровые, операционные (для ввода программ) и управляющие клавиши]; перезапись отлаженной программы из ППЗУ в ПЗУ и замена соответствующих ИС памяти; проверка работы контроллера при управлении заданным объектом.

Система команд БИС (табл. 2) состоит из 15 команд и позволяет достаточно просто реализовать алгоритм управления внешним объектом (рис. 6). Максимальная длина команды имеет 16 бит, т. е. два байта. Минимальная длина команды 8 бит. Структурно 16 бит (8 бит) разделены на тетрады, каждая из которых имеет определенное назначение. Для всех команд является общим то, что первая тетрада представляет собой код операции, выполняемой по этой команде (см. табл. 2).

Последующие тетрады дают информацию о положении датчика, времени выполнения операции либо программы в целом или содержат управляющую информацию. Ввод команды с клавиатуры осуществляется по тетрадам, например, нужно ввести команду «ВВ». Сначала нажимается клавиша с символом

Таблица 2. **Система команд К145ИК1807**

Номер команды	Символ команды	Код				Наименование информации (номера выводов БИС, на которые она пересылается с данных выводов)												Назначение
		X9	X10	X11	X12	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X5	X6	X7	X8	
1**	M1 ↑	0	0	0	0	—				—				—				Обращение к регистру памяти M1 (пересылка из M1)
2**	ПВ	0	0	0	1	Приращение адреса ПЗУ				—				—				Переход по окончании времени в минутном интервале (переход по $Т_м$)
3*	ОД	0	0	1	0	Контроль информации				Код опроса датчиков								Опрос датчиков внешних устройств. Код, считываемый с датчиков, сравнивается с заданным по программе. В соответствии с результатами осуществляется переход по программе (24 разряд кода опроса является младшим)
						X1	X2	X3	X4	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	
4*а	$ВВ_с$	0	0	1	1	1	1	1	1	10 с				Секунды				Время выполнения заданной операции в секундном интервале (1 — признак секунд и десятков секунд)
4*б	$ВВ_м$	0	0	1	1	0	0	0	0	10 мин				Минуты				Время выполнения заданной операции в минутном интервале (0 — признак минут и десятков минут)

 Продолжение табл. 2

Номер команды	Символ команды	Код				Наименование информации (номера выводов БИС, на которые она пересылается с данных выводов)												Назначение
		X9	X10	X11	X12	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X5	X6	X7	X8	
5	БП					Адрес безусловного перехода												Безусловный переход из любого места программы по заданному адресу (адрес БП расположен в естественном порядке)
		0	1	0	0	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	
6	ПП					Адрес перехода на ПП												Переход на подпрограмму по указанному адресу подпрограмм. Глубина обращения к подпрограмме равна 2 (адрес ПП расположен в естественном порядке)
		0	1	0	1	Y13	Y14	Y15	Y16	Y17	Y18	Y19	Y20	Y21	Y22	Y23	Y24	
7	МКУ									Код управления								Память кода управления исполнительными устройствами
		0	1	1	0	—				Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	
8	ЗК	0	1	1	1	0/1				Заносимый код								Занесение кода в память M2 или M1 (занесение в M_2/M_1 по признакам 0/1 соответственно)
9**	$M_2\uparrow$	1	0	0	0	—				—				—				Обращение к регистру памяти M2 (пересылка из M_2)
10**	СТОП	1	0	0	1	—				—				—				Останов выполнения программ

Окончание табл. 2

Номер команды	Символ команды	Код				Наименование информации (номера выводов БИС, на которые она пересылается с данных выводов)												Назначение
		X9	X10	X11	X12	X5	X6	X7	X8	X9	X10	X11	X12	X5	X6	X7	X8	
11*	НВ	1	0	1	0	Y9	Y10	Y11	Y12	Y21	Y22	Y23	Y24	Y17	Y18	Y19	Y20	Полное время выполнения всей программы, устанавливается в начале программ
12	Цикл	1	0	1	1	Старший разряд				Количество циклов повторения				Младшие разряды адреса смещения				Команда, определяющая количество циклов повторения выполнения операции (блока операций). При этом указывается количество циклов повторения и смещения текущего адреса ЗУ, охватывающее повторяемый блок операций
13	КУ	1	1	0	0	Приращение адреса ПЗУ				Код управления								Управление исполнительными устройствами и переход по времени в секундном интервале (четвертый разряд кода управления является младшим)
										Y1	Y2	Y3	Y4	Y5	Y6	Y7	Y8	
14**	ВП	1	1	0	1	—				—				—				Выход из подпрограммы для выполнения основной программы
15*	М1+	1	1	1	0	—				—				—				Сложение с содержимым регистра памяти М1

* Команды выполняются после команды пуска операции.

** Команды имеют формат 1 байт, все остальные команды имеют формат 2 байта.

ВВ, затем клавиша «0» для занесения признака минут или секунд, затем клавиша с цифрой, соответствующей десяткам минут или секунд (если таковые отсутствуют, то нажимается «0»), и клавиша с цифрой, соответствующей минутам или секундам (или «0»).

Символика цифровой информации на клавиатуре приведена в восьмеричной системе счисления

Постоянное запоминающее устройство контроллера позволяет записать одновременно 8 бит информации. С учетом этого в режиме «Запись» двухбайтовая команда записывается в два этапа по 8 бит. Отметим, что выполнение команд НВ, $ВВ_с$, $ВВ_м$ и ПВМ начинается только после появления команды КУ. Последовательность команд, необходимых для выполнения некоторой операции, заканчивающуюся КУ будем называть макрокомандой. Вся информация, кроме исходных данных и промежуточных результатов, вводится с помощью команд (табл. 2)

Содержание команд. Команда занесения начального времени (НВ) двухбайтовая и помимо кода команды содержит информацию о времени выполнения, устанавливаемого с дискретностью в 10 с от 0 до 99 мин 50 с. Она записывается в начале программы, а при выполнении время индицируется, убывая от заданного значения до нуля.

Команда занесения времени выполнения операции (ВВ) при наличии низких уровней напряжения (логических 1) во второй тетраде задает время в минутах, а при наличии высоких уровней (логических 0) — в секундах, причем десятки минут (секунд) в диапазоне от 0 до 15 определяет третья тетрада, а единицы минут (секунд) в пределах от 0 до 9 — четвертая. Оба времени (в минутах и секундах) могут устанавливаться независимо. По окончании времени выполнения операции и появлении команды перехода по времени осуществляется переход на заданный адрес ПЗУ.

При задании времени операции в минутах используется команда перехода по времени ПВ. Если время устанавливается в минутах и секундах, то команда перехода по времени — в секундном интервале (КУ). При этом во второй тетраде команды перехода (ПВ или КУ) записывается код приращения адреса ПЗУ, который, суммируясь с последним адресом данной макрокоманды, определяет адрес перехода по времени. После выполнения макрокоманды ячейка памяти приращения адреса ЗУ обнуляется. При наличии команды перехода по времени и неустановленном времени выполнения операции код управления не будет сменяться до конца следующей макрокоманды (до появления КУ). Время действия кода управления будет определяться количеством выполненных микрокоманд с учетом того, что время считывания однобайтовой микрокоманды 14 мс, а двухбайтовой — 19 мс.

По команде опроса датчиков (ОД) через каждые 20 мс происходит сравнение кода, поступающего с датчика и записанного в команде При их равенстве происходит чтение и выполнение следующей макрокоманды. Команда ОД выполняется непрерывно до поступления следующей команды ОД с другим кодом.

По команде МКУ происходит занесение в отдельный регистр памяти кода управления, который далее по команде управления суммируется по модулю два с кодом управления [второй байт этой команды (КУ)], а результат суммирования является управляющим сигналом для внешних устройств

Команда ЗК используется для занесения кода, который она содержит во втором байте, в регистры памяти М1 (если код признака в первом байте команды равен 1) или М2 (если код признака равен 0). По командам обращения к регистрам памяти (М1↑, М2↑) происходит сложение содержимого регистров памяти М1 или М2 со вторым байтом следующей команды программы, где и фиксируется результат сложения. При этом содержимое самих регистров М1 и М2 не изменяется. Это удобно использовать, например, при изменении в ходе выполнения программы времени выполнения операции.

Следует обратить внимание на особенность выполнения команды М2↑ (в отличие от М1↑) — первая и вторая тетрада информации регистра М2 при сложении меняются местами. При сложении с содержимым регистра памяти М1 (команда М1+) происходит суммирование по модулю два со вторым байтом команды, следующей за этой (после ее выполнения). Результат заносится в М1, при этом предыдущая информация стирается.

Команда «Цикл» располагается после последней макрокоманды цикла и задает во втором байте количество циклов повторения, которых на единицу будет больше записанного в команде. Также в команде содержится адрес смещения ЗУ.

По команде «Стоп» выполнение программы останавливается и на выходах Y17 — Y24 появляется код номера шага программы, где произошел останов, а на выходах Y9 — Y12 — код 1010 (число 12 в восьмеричной системе счисления), который служит признаком останова.

Команды безусловного перехода (БП) и перехода к подпрограмме (ПП) являются двухбайтовыми и содержат код команды и адрес перехода, а команда выхода из подпрограммы (ВП) содержит только код команды. Глубина обращения к подпрограмме равна двум.

Электронные часы на БИС К145ИК1901

БИС микроконтроллера К145ИК1901 может служить основой электронных часов, таймеров, а также в составе бытовой или иной аппаратуры для включения и выключения некоторых устройств в заданные программно моменты.

Назначение выводов БИС представлено на рис. 7, а на рис. 8 даны коды сегментов десятичной цифры индикатора. Тактовая частота ЗГ стабилизируется кварцевым резонатором РК101 32768 Гц, а при его отсутствии задается в пределах 30...40 кГц внешней RC-цепью подбором резистора R2 (при этом вывод 8 подключается к общему проводу, а вывод 7 должен быть свободным). Возможна синхронизация подачей внешних прямоугольных импульсов амплитудой 1,5... ...2,5 В и частотой 32 кГц на вывод 8 (между выводами 7 и 8 подключается резистор 10 МОм).

Если возможность расширения памяти регистров PrR и PrM не используется, то следует вывод 31 соединить с 32, а вывод 33 с 34. При использовании ИС следует также выводы 11 и 12 соединить с общим проводом. Задание различных режимов работы БИС определяется девятью командами и осуществляется путем подачи импульсов с выходов $\overline{D}_i$ на соответствующие входы K_j с помощью клавиатуры. На входе K_j при отсутствии соответствующей команды появляется логическая 1, т. е. напряжение низкого уровня (—27 В).

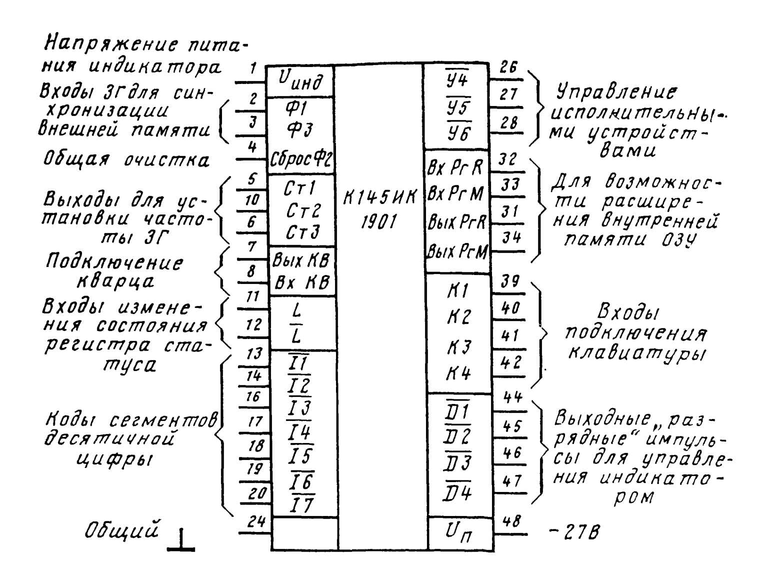


Рис. 7. Назначение выводов БИС К145ИК1901

Команда установки минут (М) осуществляется подачей сигнала с выхода $\overline{D}4$ на вход К1, а установки часов (Ч) — с выхода $\overline{D}4$ на вход К2, при этом к предыдущим показаниям соответствующего времени прибавляется единица с частотой 2 Гц.

С помощью команды «Коррекция» (К) (сигнал с выхода $\overline{D1}$ подается на вход К3) осуществляется обнуление разрядов минут (секунд), далее счет продолжается с 00 мин (00 с), а в разряде часов информация не меняется.

Режим таймера (Т) (для его осуществления сигнал с выхода $\overline{D3}$ подается на вход К3) совмещен с работой в режиме «Будильника 1» (Б1) и их одновременное использование недопустимо. В этом режиме осуществляется обратный отсчет времени, установленного в программе работы режима Б1. При этом значения времени, установленные в разрядах часов и минут, воспринимаются в режиме таймера как значения минут и секунд соответственно. В момент достижения значения 00 мин 00 с при работе таймера счет времени прекращается и выдается сигнал управления, говорящий об окончании заданного интервала времени. В режиме секундомера (С) (он устанавливается подачей сигнала с выхода $\overline{D2}$ на вход К4) происходит ежесекундное приращение информации, причем в адрес минут индицируются секунды, а часов — минуты. По команде «Останов» (О) (на вход К3 подается сигнал с $\overline{D2}$) на индикаторе фиксируются показания текущего времени. В регистрах эта информация также сохраняется.

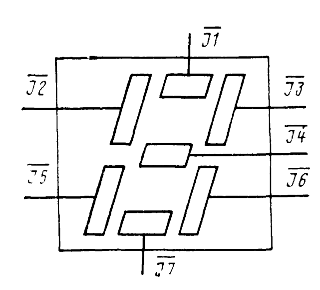


Рис. 8. Коды сегментов десятичной цифры

Микроконтроллер позволяет сравнивать текущее значение времени с предварительно

установленным с помощью команд Б1 и «Будильник 2» (Б2) значениями. В момент совпадения текущего и заданного в режиме Б1 или Б2 времени выдаются управляющие сигналы по независимым друг от друга каналам. Длительность управляющего сигнала составляет 55 с. Команды Б1 (при этом сигнал с $\overline{D4}$ подается на К4) и Б2 (сигнал с $\overline{D3}$ подается на К4) устанавливают режим занесения контрольного времени для Б1 или Б2, а при этом признак режима выдается на индикаторе как 55 ч 55 мин, а само время выдачи управляющего сигнала устанавливается командами «Ч» и «М». Программы работ Б1 и Б2 заносятся в отдельные регистры памяти и позволяют использовать их многократно. По командам Б2 или Б1 содержимое программ выдается для контроля. По управляющим сигналам можно включать в режиме будильника звуковую сигнализацию или, например, используя режим Б1 (управляющим сигналом $\overline{Y5}$), включать телевизор, а по режиму Б2 (управляющим сигналом $\overline{Y6}$) — выключать.

Прервать сигналы управления $\overline{Y4}$—$\overline{Y6}$ (например, звуковой сигнализации) можно либо, отключив питание сигнального устройства, либо по команде В (для ее осуществления сигнал с выхода $\overline{D1}$ подается на вход К4) осуществить возврат к режиму текущего времени.

Схема включения БИС К145ИК1901 в электронных часах представлена на рис. 9. Рабочая частота кварцевого резонатора Z1 (РК101А) — 32768 Гц; В2 — пьезокерамический излучатель; S — клавиатура.

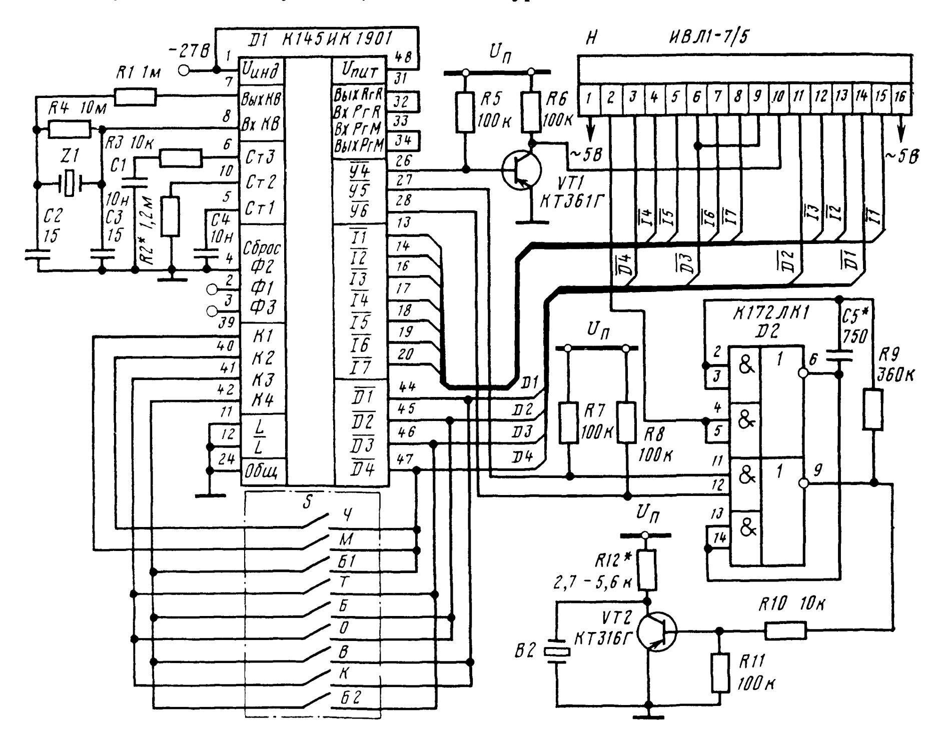


Рис. 9. Схема включения БИС К145ИК1901 в электронных часах

Микроконтроллерные БИС для управления магнитофоном К145ИК1906, К145ИК1913 и К145ИК1914

Данные БИС представляют собой один из вариантов базовой БИС К145ИК19 и предназначены для контроля и управления лентопротяжным механизмом магнитофона, а при наличии соответствующих датчиков — контроля режимов работы различных механических устройств.

Они имеют характерные для этой серии микроконтроллеров параметры, такие как напряжение питания —27 В, сопротивление по входу логического 0 около 1 кОм, по выходу логической 1 около 1 мОм; допустимые токи нагрузок по выходам $\overline{D}_i$ менее или равно 6 мА, I_i—2 мА, а Y_i—1 мА. Тактовая частота 30 ... 40 кГц аналогично рассмотренному в предыдущем разделе может задаваться с помощью внешней RC-цепи, кварцевого резонатора РК101 (32 768 Гц) или внешними прямоугольными импульсами

У данных БИС выводы Ст 1, Ст 2, Ст 3, КВ используются для возбуждения внутреннего задающего генератора (фазы Ф1, Ф3). Неиспользованные выводы 4, 11, 12 следует заземлить, выводы 31 соединить с выводом 32, а 33 с 34.

Переход из режима в режим работы БИС осуществляется с помощью клавиатуры коммутацией сигналов $\overline{D}_i$ на соответствующие входы K_j. Режимы работ контролируются визуально по индикатору, для которого управляющие сигналы снимаются с выходов $\overline{I}_i$ и индицируются в соответствии с рис. 8.

При использовании БИС К145ИК1906 (рис 10) в составе магнитофона с ее помощью можно осуществить семь основных (останов, рабочий ход, пере-

Рис 10 Назначение выводов БИС К145ИК1906

Таблица 3. Выбор режимов работы БИС К145ИК1906

Режим	Вход K_j	Выход $\overline{D_i}$	Сигналы индикации режима и управления	Режим	Вход K_j	Выход $\overline{D_i}$	Сигналы индикации режима и управления
Подготовка к режиму	Вх2			Запись	К1, К3	$\overline{D1}$	$\overline{I4}$, $\overline{I7}$
Останов	К1	$\overline{D4}$	$\overline{I1}$	Запись	К1	$\overline{D1}$	$\overline{I7}$
Рабочий ход	К1	$\overline{D1}$	$\overline{I6}$	Программа 1	К3	$\overline{D1}$	$\overline{Y1}$
Перемотка вправо	К1	$\overline{D2}$	$\overline{I3}$	Программа 2	К3	$\overline{D2}$	$\overline{Y2}$
Перемотка влево	К1	$\overline{D3}$	$\overline{I2}$	Автостоп	К3	$\overline{D4}$	$\overline{Y3}$
Пауза	К1, К3	$\overline{D1}$	$\overline{I4}$, $\overline{I6}$	Программный автостоп	К3	$\overline{D3}$	$\overline{Y4}$

мотка вправо, перемотка влево, пауза, подготовка к записи, запись) и четыре дополнительных режима работы (автостоп, программный автостоп и две программы автоматического изменения режимов работы магнитофона).

Основные режимы осуществляются нажатием клавиши, коммутирующей сигналы с выхода D_i на вход K_j в соответствии с табл. 3. Дополнительные режимы устанавливаются или сбрасываются при повторном обращении к БИС нажатием соответствующих клавиш.

БИС К145ИК1913 в составе магнитофона позволяет обеспечить присвоение с помощью клавиатуры определенного номера (от 0 до 15) музыкальной программы с последующим ее поиском в режиме «Поиск» и прослушиванием. В режиме «Обзор» осуществляется последовательное прослушивание фонограммы в течение примерно пятнадцати секунд, затем происходит автоматическая перемотка до появления ближайшей паузы в фонограмме и так далее. При работе в режиме «Автоповтор» после воспроизведения последней фонограммы происходит переход к проигрыванию фонограммы, номер которой записан с помощью клавиатуры в первой ячейке памяти.

БИС К145ИК1914 помимо использования в бытовых магнитофонах для контроля расхода ленты и при управлении лентопротяжным механизмом может использоваться для отсчета дискретных значений некоторого параметра с привязкой к реальному времени. При работе БИС в составе магнитофона с ее помощью индицируется текущее значение условного метража, текущего времени и в режиме «Поиск» предварительно установленное значение метража. С помощью БИС при наличии на входе X1 прямоугольных импульсов частотой 102 Гц (режим «Перемотка») или 64 Гц (режим «Рабочий ход») осуществляется прямой или обратный счет условного метража. Может также осуществляться поиск нужного участка записи путем сравнения значения счетчика условного значения метража с предварительно установленным. При этом в момент сравнения выдается соответствующий сигнал. БИС может работать также в режиме счета времени или в режиме таймера (обратный счет времени) и выдавать управляющие сигналы в случае переполнения счетчика параметра, завершения работы таймера, значении счетчика времени свыше одного часа. Сиг-

Таблица 4. **Назначение выводов К145ИК1914**

Номер вывода	Наименование сигнала	Назначение вывода	Примечание
22	Вых. $\overline{Y1}$	Управляющий выходной сигнал	Сигнализация о завершении работы таймера и превышении 1 ч при счете времени
23	Вых. $\overline{Y2}$	То же	
24	Общий вывод		
25	Вых. $\overline{Y3}$	— » —	Указывает направление счета времени: низкий уровень напряжения — прямой счет времени; высокий уровень — обратный счет (таймер)
26	Вых. $\overline{Y4}$	— » —	Признак выводимого на индикатор параметра: низкий уровень напряжения — значение условного метража; высокий уровень — значение времени
27	Вых. $\overline{Y5}$	— » —	Сигнализация о переполнении счетчика условного метража
28	Вых. $\overline{Y6}$	— » —	Сигнализация о превышении текущего значения счетчика условного метража над значением предустановки условного метража
30	Вых. $\overline{Y8}$		Сигнализация о равенстве значений предустановки условного метража и текущего значения счетчика условного метража
31	Вых. PrR	Для возможности расширения оперативной внутренней памяти	
32	Вх. PrR	То же	
33	Вх. PrM	— » —	
34	Вых. PrM	— » —	
35	X1	Сигнальный вход «Счет»	Для приема сигнала типа меандр при отсчете условного метража
36	X2	Сигнальный вход ЛПМ	Для приема информации о состоянии ЛПМ магнитофона: высокий уровень напряжения соответствует режиму «Перемотка»; низкий уровень — режиму «Рабочий ход»
37	X3	Сигнальный вход «Направление»	Для приема информации о направлении счета параметра: низкий уровень напряжения — прямой счет, высокий уровень — обратный счет
38	X4	Вход	
39	K1	Вход с клавиатуры	
40	K2	То же	
41	K3	— » —	
42	K4	— » —	Вход К4 соединен с выходом 4 для включения БИС при подаче напряжения питания
43	Вых. СИ	Не используется	

Окончание табл. 4

Номер вывода	Наименование сигнала	Назначение вывода	Примечание
44	Вых. D1	Выходные разрядные сигналы	Для сканирования индикатора и клавиатуры
45	Вых. D2	То же	
46	Вых. D3	— » —	
47	Вых. D4	— » —	
48	$U_п$	Напряжение питания БИС	—27 В

нализируется также, какой параметр контролируется (время или условный метраж) и направление счета (прямой или обратный счет).

Назначение выводов 1 — 21 аналогично БИС К145ИК1906 (рис. 10) так же, как и схема их подключения, а назначение выводов 22—48 БИС К145ИК1914 представлено в табл. 4.

Рассмотрим подробнее включение БИС К145ИК1906. Схема ее подключения для случая, когда требования к частоте внутреннего генератора невелики и ее можно задать с помощью внешней RC-цепи (рис. 11) типична для БИС данного назначения. Если напряжение питания индикатора и микросхемы совпадают, то выводы 1 и 48 следует объединить.

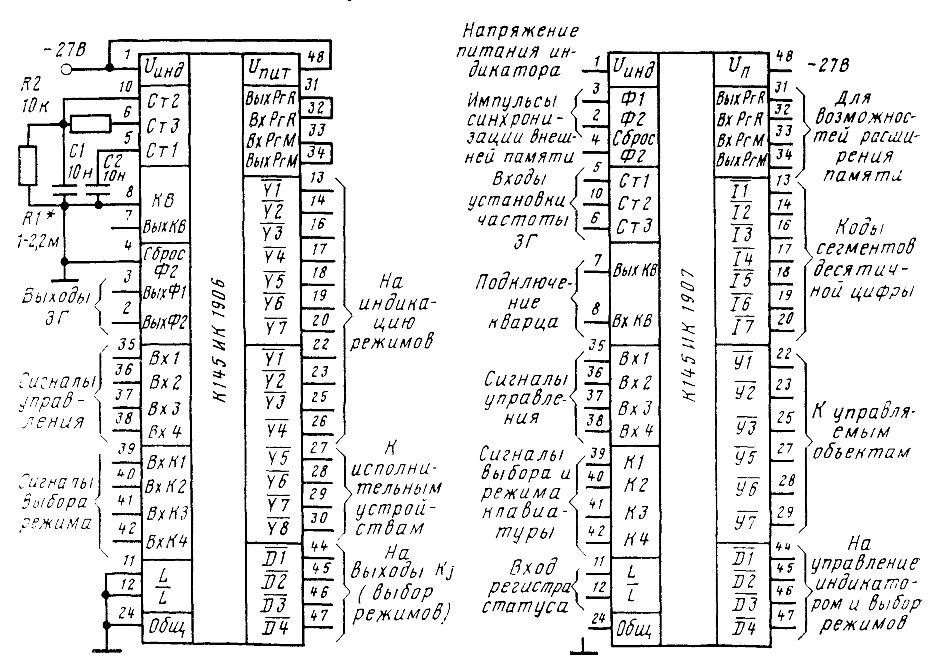


Рис. 11. Схема включения БИС К145ИК1906

Рис. 12. Назначение выводов БИС К145ИК1907

При работе БИС в составе магнитофона выход $\overline{Y5}$ управляет рабочим ходом лентопротяжного механизма (для включения режима «Рабочий ход» на этом выходе появляется высокий уровень напряжения, т. е. от 0 до 2 В (логический 0); на выходе $\overline{Y6}$ высокий уровень напряжения появляется при включении перемотки вправо; выход $\overline{Y7}$ управляет включенчем режима перемотки влево (аналогично $\overline{Y6}$), а на выходе $\overline{Y8}$ при включенном лентопротяжном механизме имеется сигнал низкого уровня напряжения (от —8 до —27 В). Микросхема позволяет анализировать информацию, поступающую на входы Вх. 1—Вх. 4. По Вх. 1 анализируется, в каком состоянии — движения или останова находится лентопротяжный механизм. Поступающий на Вх. 1 уровень логического 0 (напряжение 0...2 В) соответствует останову механизма, а уровень логической 1 (от —8 до —27 В) — его движению. В случае подачи любого из управляющих сигналов: рабочий ход, перемотка вправо или влево и отсутствии логической 1 на Вх. 1 в течение 5 с схема переходит в режим ожидания и на выходе $\overline{Y5}$ появляется напряжение высокого уровня. При необходимости формирования паузы, предшествующей режиму «Рабочий ход», на Вх. 2 задается сигнал в виде уровня логического 0, что вызывает отключение управляющих сигналов $\overline{Y5}$ — $\overline{Y8}$.

Сигнал автостопа от лентопротяжного механизма в виде высокого уровня напряжения (логический 0) подается на Вх. 3 БИС при работе в режиме «Автостоп», что обеспечивает остановку механизма. В режиме «Программный автостоп» обеспечивается прием сигнала прерывания работы механизма (уровень логической 1 по Вх. 4) от датчика метража ленты.

Две программы («Программа 1» и «Программа 2») автоматического изменения режимов работы обеспечивают автоматический переход от режима «Рабочий ход» в режим «Перемотка влево» и от режима «Перемотка влево» в режим «Рабочий ход» по сигналам автостопа или программного автостопа. Одновременное использование обеих программ позволяет добиться многократного прослушивания некоторого участка магнитной ленты, т. е. чередовать режимы «Рабочий ход» и «Перемотка влево».

Таймеры-программаторы на БИС К145ИК1907, К145ИК1908 и К145ИК1909

На основе данных БИС можно реализовать определенную временну́ю последовательность управляющих сигналов, причем в зависимости от некоторой входной информации возможно осуществление перехода на подпрограммы или в режим автоматического останова.

Программа работы таймеров вводится пользователем с помощью клавиатуры во внешнее ЗУ и контролируется по индикатору. БИС К145ИК1907 и К145ИК1908 весьма сходны по структуре и назначению, однако БИС К145ИК1907 при управлении внешними устройствами синхронизируется в реальном времени, выраженном в часах и минутах, а БИС К145ИК1908 — в минутах и секундах. Контроллер, реализованный на БИС К145ИК1909, предназначен для автоматизации обработки фотопленки и фотопечати, поэтому имеет некоторые отличия, связанные с параллельной работой двух таймеров. Один таймер работает в диапазоне от 0,01 до 999 с дискретностью 0,01; 0,1 или 1 с,

а второй — в диапазоне от 1 до 9999 с дискретностью 1 с. Причем ошибка у первого таймера не превышает 0,025, а второго 1%. Для управления внешними устройствами с помощью клавиатуры устанавливаются моменты выдачи управляющих сигналов.

Эти БИС имеют напряжение питания —27 В, тактовую частоту 30...40 кГц и синхронизируются от внешнего кварцевого резонатора типа РК101, от внешних прямоугольных импульсов или от RC-цепи. По входу БИС, на который подается напряжение высокого уровня (от 0 до —2 В), сопротивление около 1 кОм, а по выходу БИС, на котором имеется напряжение низкого уровня (от —8,5 до —27 В) — не менее 1 МОм. Токи нагрузки для выхода $\overline{D_i}$ не должны превышать 6 мА, для выхода $\overline{I_j}$ — 2 мА, $\overline{Y_i}$ — 1 мА. Назначение выводов БИС К145ИК1907 показано на рис. 12. Разводка выводов БИС К145ИК1908 отличается тем, что используются неподключенные выводы: вывод 26 — Вых. $\overline{Y4}$ и вывод 30 — Вых. $\overline{Y8}$. Назначение выводов БИС К145ИК1909 также совпадает в основном с БИС К145ИК1907 кроме следующих: вывод 21 — Вых. $\overline{18}$; выводы 35, 36, 37, 38 — не подключены; вывод 43 — выход синхроимпульса.

Рассмотрим подробнее использование БИС К145ИК1907 и К145ИК1908 в составе таймера. Наличие управляющих выходов [шести у К145ИК1907 ($\overline{Y1}$, $\overline{Y2}$, $\overline{Y3}$, $\overline{Y5}$, $\overline{Y6}$, $\overline{Y7}$) и восьми у К145ИК1908 ($\overline{Y1}$—$\overline{Y8}$)] позволяет им непосредственно управлять шестью (восемью) внешними устройствами, а при наличии дешифратора количество управляемых устройств может быть расширено до 64 или 256 соответственно. У обеих БИС имеются три входа (Вх. 1, Вх. 2, Вх. 3), предназначенные для контроля внешних устройств. Появление на контролируемом входе сигнала в виде низкого уровня напряжения приводит для БИС К145ИК1907 к остановке таймера и отключению управляющих сигналов, а в таймере на БИС К145ИК1908 при этом происходит безусловный переход на команду по адресу, определяемому табл. 5.

Для БИС К145ИК1907 максимальное время, записываемое в память таймера, составляет 99 часов 59 минут, минимальное — одна минута, а для К145ИК1908 это будет соответственно 99 минут 59 секунд и одна секунда. Увеличить время выполнения программы таймера можно с помощью команды циклов. Программа работы таймера записывается во внешнее ЗУ (например, на ИС К145ИР1), может состоять из 96 команд при внешней памяти объемом 3 К. В каждой команде содержится информация о контроле входных шин, времени, состоянии выходных шин и циклам повторения. Переход к следующему шагу команды происходит автоматически, по истечении заданного времени, а если по следующему адресу записаны все нули, то таймер переходит в режим ожидания.

Таблица 5. **Адреса переходов по управляющим сигналам для К145ИК1908**

Вх. 3	Вх. 2	Вх. 1	Переход к команде, имеющей адрес	Вх. 3	Вх. 2	Вх. 1	Переход к команде, имеющей адрес
0	0	1	10	1	0	1	50
0	1	0	20	1	1	0	60
0	1	1	30	1	1	1	70
1	0	0	40				

Таймер на БИС К145ИК1907. Принципиальная схема таймера представлена на рис. 13. Встроенный генератор синхронизируется кварцевым резонатором Z1 типа РК101 — 32768 Гц.

Задание режимов работы и программирование таймера происходит с помощью клавиатуры, коммутирующей сигналы с выходов $\overline{D1}$ — $\overline{D4}$ на входы К1 — К4. При этом на индикаторе Н1 формируется символ сегментов цифры 8 (рис. 8) в соответствии с табл. 6. Нули в таблице соответствуют высокому уровню напряжения (0...2В). Символы операционных клавиш отображаются в младших разрядах индикатора, лишь символы клавиши «Y» и «ПП» отображаются в старшем разряде. Рассмотрим назначение операционных клавиш. При нажатии на клавишу «Р» (например, сразу после включения питания) происходит установка таймера в рабочий режим, при этом на индикаторе отображается символ «[». Нажатием на клавишу «А» происходит установка режима адреса команды. И если далее мы, например, нажимаем клавиши «0» и «2», то

Таблица 6. **Индикация режимов работы таймера на БИС К145ИК1907**

Нажатая клавиша	Формируемый сигнал		Отображение на индикаторе							
	с выхода	на вход	$\overline{I1}$	$\overline{I2}$	$\overline{I3}$	$\overline{I4}$	$\overline{I5}$	$\overline{I6}$	$\overline{I7}$	символ
0	$\overline{D1}$	К1	1	1	1	0	1	1	1	0
1	$\overline{D2}$	К1	0	0	1	0	0	1	0	1
2	$\overline{D3}$	К1	1	0	1	1	1	0	1	2
3	$\overline{D4}$	К1	1	0	1	1	0	1	1	3
4	$\overline{D1}$	К2	0	1	1	1	0	1	0	4
5	$\overline{D2}$	К2	1	1	0	1	0	1	1	5
6	$\overline{D3}$	К2	1	1	0	1	1	1	1	6
7	$\overline{D4}$	К2	1	0	1	0	0	1	0	7
8	$\overline{D1}$	К3	1	1	1	1	1	1	1	8
9	$\overline{D2}$	К3	1	1	1	1	0	1	1	9
Ц	$\overline{D4}$	К3	1	1	0	0	1	0	1	⊏
ПП	$\overline{D3}$	К3	1	1	0	0	1	0	0	Г
Зп	$\overline{D2}$	К4	0	1	0	0	1	0	1	L
Чт	$\overline{D1}$	К4	1	1	0	0	1	0	0	Г
СА	$\overline{D3}$	К4	1	1	0	0	1	0	1	⊏
Р	$\overline{D4}$	К4								⊏
А	$\overline{D1}$	К1∧К2	1	1	1	1	1	1	0	A
СК	$\overline{D1}$	К1∧К3	0	1	0	0	1	0	1	L
А+1	$\overline{D1}$	К2∧К4	0	1	0	0	1	0	1	L*
Стоп	—	Вх. 4								
		К1∧К2	1	1	0	0	1	0	1	⊏
Авост	—	Вх. 4	1	1	0	0	1	0	1	⊏

будет введен адрес команды 02, который отобразится в старших разрядах индикатора. Для чтения или записи команд далее по адресам, записанным последовательно в программе, следует нажимать клавишу инкремента адреса команды A+1. При этом происходит приращение адреса на единицу. Безусловный переход на программы может осуществляться с помощью клавиши «ПП». Для многократного повторения некоторой операции или нескольких команд служит команда цикла (клавиша «Ц»), причем количество циклов повторения указывают в команде «Цикл» цифрой, на единицу меньшей требуемого. Для установки режима записи команд нажимают на клавишу «Зп». При этом на индикаторе появляется символ L, после чего можно производить ввод полного формата команды нажатием на соответствующие цифровые клавиши. Проверка набранной программы может осуществляться в режиме чтения команд (клавиша «Чт»). Нажав последовательно клавишу «А», цифровые клавиши необходимого адреса, клавишу «Чт», мы увидим на индикаторе параметры команды (содержащейся по набранному адресу), отображаемые поочередно в виде двух частей строки (параметров и времени) с интервалом в 4 с. Если адреса интересующих нас команд расположены последовательно, то далее следует нажимать клавишу «A+1».

После проверки набранной в режиме «Зп» программы можно перейти к ее исполнению в рабочем режиме нажимая последовательно клавишу «А», цифровые клавиши, задающие адрес начала программы, клавишу «Р». При исполнении программы на индикаторе с интервалом в 4 секунды отображается последовательно сначала программно заданное время выполнения данной операции, затем текущее время выполнения операции, далее адрес команды и цифра, указывающая сколько раз выполнена данная команда в цикле. Рядом с этой цифрой отображается одна из букв слова «CALL» (Вызов) с периодом повторения 12 с.

Останов программы может быть выполнен программно или вручную нажатием на клавиши «Стоп» (Останов выполнения программы) или «Авост» (Аварийный останов). При останове выполнения программы прекращается счет времени выполнения данной операции, но управляющие сигналы остаются на выходах таймера.

Если в режиме ввода адрес введен неверно (например, ошибочно нажата клавиша «A+1»), необходимо осуществить с помощью клавиши «СА» сброс адреса команды. Клавишей «СК» осуществляют сброс информации, введенной в режиме «Запись» ошибочно.

Большая интегральная схема К145ИК1907 имеет формат управляющей команды — 25 бит. Она условно разбита на семь разрядов — четыре тетрады и три триады. В первом разряде в двоично-десятичном коде записываются единицы минут, во втором — десятки. В третьем и четвертом разрядах (в третьей и четвертой тетрадах) записываются соответственно единицы и десятки часов. Пятый и шестой разряды отображают состояние выходных управляющих сигналов Р3 и Р2 соответственно. Разряд Р3 включает в себя сигналы Y1, Y2, Y3, а разряд Р2 — Y5, Y6, Y7. В седьмом разряде (Р1) отображаются состояния входных сигналов Вх. 1, Вх. 2, Вх. 3. Разряды 7, 6 и 5 (переменные Р1, Р2, Р3) определяют состояния входных и выходных сигналов. Их значение задается в восьмеричном коде. И если, например, в 6 и 5 разрядах будут записаны числа 5 и 3, то состояние выходных сигналов разрядов Р2 и Р3 будет определяться следующим образом — в разряде Р2: Y7 — 1; Y6 — 0; Y5—1; в разряде Р3: Y3—

Таблица 7. Работа таймера в зависимости от состояния разряда P1

Число в восьмеричном коде	Состояние P1			Комментарий
	Вх. 3	Вх. 2	Вх. 1	
0	0	0	0	Контролируются все входы
				Заблокированные входы:
1	0	0	1	Вх. 1
2	0	1	0	Вх. 2
3	0	1	1	Вх. 1 и Вх. 2
4	1	0	0	Вх. 3
5	1	0	1	Вх. 1 и Вх. 3
6	1	1	0	Вх. 2 и Вх. 3
7	1	1	1	Вх. 1, Вх. 2 и Вх. 3

0; Y2—1; Y1—1, причем наличие нуля соответствует высокому уровню напряжения на выводах БИС, а единицы — низкому (—27 В).

В зависимости от кода, записанного в седьмом разряде управляющей команды (P1), БИС анализирует состояния входных сигналов в соответствии с табл. 7, при этом входные сигналы по заблокированному входу не анализируются. Разряды 4—1 (единицы, десятки часов и единицы, десятки минут) задают временные интервалы выполнения данной операции. Они записываются в десятичном коде.

Для управления программой служат команды перехода по программе (ПП) и цикла (Ц). Формат команды перехода по программе состоит также из семи разрядов. Два младших разряда, а также разряды пятый и шестой образуют поле комментария. В третьем и четвертом разрядах указывается адрес перехода по программе согласно данной команды.

В седьмом разряде индицируется символ клавиши «ПП» («Г»). В поле комментария можно записать любую информацию, но при переходе по адресу 00 она должна быть отлична от «0», а в разряды 4 и 3 записывается адрес перехода. Так, например, команда ГГГ1300 означает безусловный переход к команде по адресу 13.

Команда цикла (клавиша «Ц») используется для многократного повторения участков программы. Первый, пятый и шестой разряды этой команды образуют поле комментария. В третьем и четвертом разрядах записывается адрес команды, с которой начинается повторение, а во второй разряд заносится количество повторений. В седьмом разряде индицируется символ клавиши «Ц» («[»). Поле комментария заполняется произвольно. Число циклов повторения будет на единицу больше цифры, записанной во втором разряде. Так, например, команда [[[1320 означает, что участок программы, начиная с команды по адресу 13, будет повторяться три раза. Максимальное число циклов равно десяти. Организация цикла в цикле недопустима.

В качестве примера составления рабочей программы рассмотрим программу работы часов-будильника. Пусть режим работы часов-будильника будет задан следующим образом:

а) в первые три дня недели звонит звонок в 8 ч 00 мин;

б) в четвертый и пятый дни недели звонит звонок в 8 ч 30 мин;

Таблица 8. **Пример рабочей программы К145ИК1907**

Адрес	Команда (по разрядам)							Комментарий
	7	6	5	4	3	2	1	
00	7	0	0	0	8	0	0	Таймер работает в течение 8 ч. Входы Вх. 1—Вх. 3 заблокированы
01	7	0	1	0	0	0	1	Выходные сигналы не вырабатываются
								В течение 1 мин звонит звонок (выходной сигнал Y1). Входы заблокированы
02	7	0	0	1	5	5	9	Таймер продолжает счет оставшегося времени суток после выдачи звукового сигнала (24 ч—8 ч 1 мин=15 ч 59 мин)
03	[	0	1	0	0	2	0	Команда цикла обеспечивает циклическое выполнение группы команд, начиная с команды, записанной по адресу 00. Качество циклов — 3. Код 01 в поле комментария означает порядковый номер цикла
04	7	0	0	0	8	3	0	Таймер отсчитывает интервал времени, равный 8 ч 30 мин
05	7	0	1	0	0	0	1	В течение 1 мин звонит звонок
06	7	0	0	1	5	2	9	Таймер продолжает отсчитывать оставшееся время суток после выдачи звукового сигнала
07	[	0	2	0	4	1	0	Команда цикла организует циклическое выполнение группы команд, начиная с команды, записанной по адресу 04. Количество циклов — 2
08	7	0	0	2	4	0	0	Таймер отсчитывает интервал времени, равный 24 ч
09	7	0	0	2	4	0	0	Таймер отсчитывает интервал времени, равный 24 ч
10	Г	0	1	0	0	0	0	Переход на команду, записанную по адресу 00
11	7	0	0	0	3	0	0	Таймер отсчитывает заданный интервал времени (3 ч), оставшийся до 24 ч 00 мин
12	Г	0	2	0	0	0	0	Переход на команду, записанную по адресу 00

в) субботу и воскресенье (6 и 7-й дни недели) звонок не звонит. Необходимая программа работы часов-будильника представлена в табл. 8.

Запуск этой программы необходимо произвести накануне суток в 24 ч 00 мин. Можно запустить таймер в любое время суток, например в 21 ч 00 мин, для чего к программе следует сделать дополнение в виде двух команд (одиннадцатой и двенадцатой). При этом запуск программы следует произвести не с адреса 00, а с адреса 11.

Таймер на БИС К145ИК1908. Принципиальная схема таймера на БИС К145ИК1908 совпадает со схемой для БИС К145ИК1907 (рис. 13), отличаясь лишь назначением цифровых клавиш, которые изображены на рис. 14, и тем, что к объектам управления в данном таймере (в отличие от схемы рис. 13)

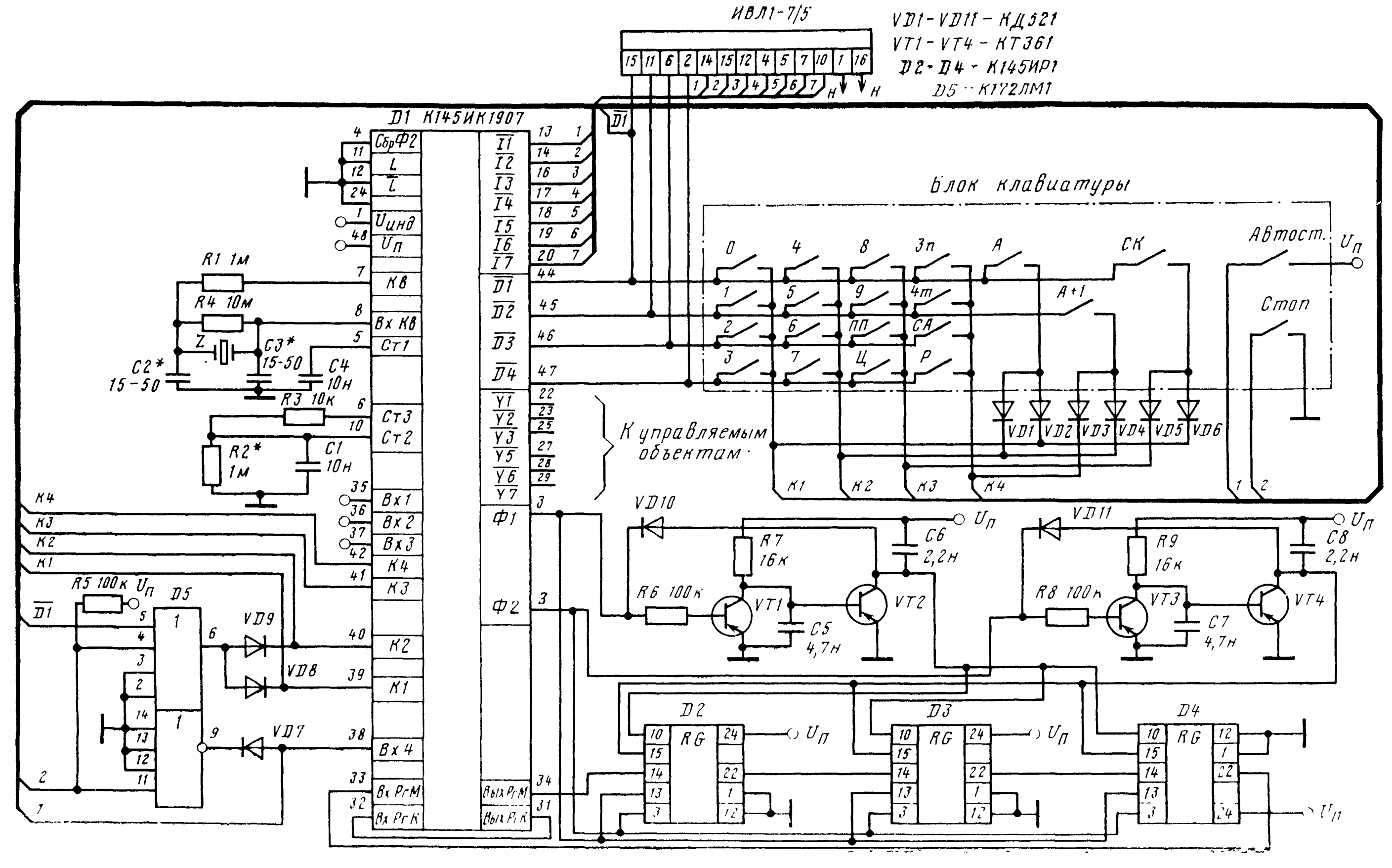


Рис. 13. Принципиальная схема таймера на БИС К145ИК1907

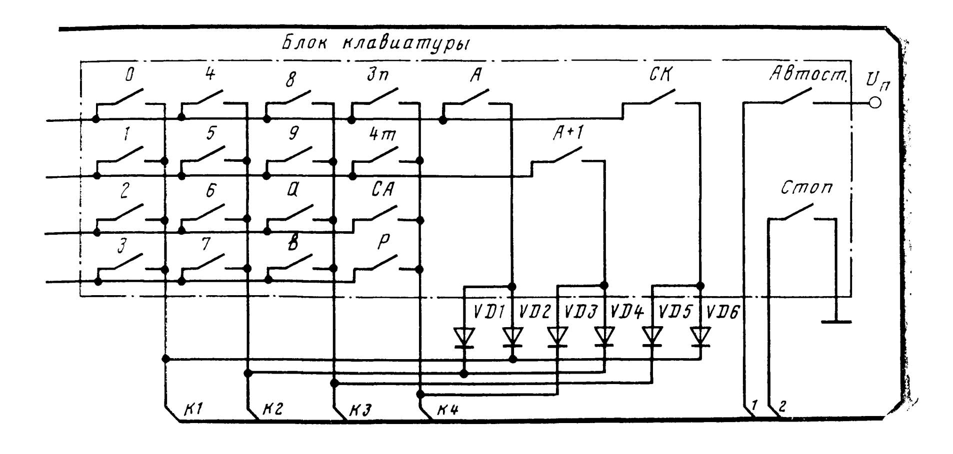


Рис. 14. Схема включения клавиатуры для БИС К145ИК1908

дополнительно идут две шины (Вых. $\overline{Y4}$ и Вых. $\overline{Y8}$) Назначение цифровых клавиш (0—9), а также клавиш «Р», «А», «А+1», «ЗП», «Чт», «СА», «СК», «Стоп» аналогично назначению этих клавиш для БИС К145ИК1907. Отличие имеется в назначении клавиши с двойной символикой. Клавиши «а», «b», «с», «f», «е», «d» служат для ввода информации о параметрах Р2 (выводы $\overline{Y1}$—$\overline{Y4}$) и Р3 (выводы $\overline{Y5}$—$\overline{Y8}$) в шестнадцатеричном коде.

При этом а — соответствует числу 10 (в двоичном коде это 1010); b — 11 (1011); с — 12 (1100); d — 13 (1101); е — 14 (1110) и f — 15 (1111). Занесение кодов с, d, е, f, нанесенных на клавиши с двойной символикой в память таймера в режиме записи, осуществляется с помощью клавиши «F», которая совмещена с клавишей «Авост», но функционирует лишь в режиме записи. Таким образом, клавиша «F/Авост» служит для аварийного останова («Авост») в рабочем режиме, а в режиме записи команд она является префиксной (F). Клавиши «е/а» и «f/b» служат также для задания команд циклов и переходов по программе.

При нажатии клавиши с выхода $\overline{D_i}$ сигнал подается на соответствующий вход $\overline{K_j}$, что определяет необходимость выполнения некоторой операции. На выходах $\overline{I_i}$ появляются сигналы, позволяющие отображать состояние клавиатуры символом в соответствии с рис. 8 и табл. 9.

Формат управляющей команды для К145ИК1908 отличается от БИС К145ИК1907 тем, что в разрядах Р2 и Р3 информация задается четырьмя, а не тремя разрядами, т. е. управляющая команда разбита на шесть тетрад и одну триаду (Р1). Четыре младших разряда, как и для БИС К145ИК1907, задают единицы и десятки секунд и единицы и десятки минут. Пятый разряд (Р3) задает состояние управляющих выходных сигналов Y5—Y8, а шестой разряд (Р2) — Y1—Y4. Состояние входных сигналов Вх. 1—Вх. 3 определяется седьмым разрядом (Р1). Разряд Р1 задается в восьмеричном коде в соответствии с табл. 7. Значения параметров Р2 и Р3 задаются в шестнадцатеричном коде в соответствии с двоичной кодировкой управляющих сигналов Y1—Y8 (см. табл. 10).

Таблица 9. **Индикация режимов работы К145ИК1908**

Нажата клавиша	Формируемый сигнал		Отображаемые на индикаторе							
	с выхода БИС	на вход БИС	сегменты							символ
			$\overline{11}$	$\overline{12}$	$\overline{13}$	$\overline{14}$	$\overline{15}$	$\overline{16}$	$\overline{17}$	
0	$\overline{D1}$	K1	1	1	1	0	1	1	1	0
1	$\overline{D2}$	K1	0	0	1	0	0	1	0	1
2	$\overline{D3}$	K1	1	0	1	1	1	0	1	2
3	$\overline{D4}$	K1	1	0	1	1	0	1	1	3
4	$\overline{D1}$	K2	0	1	1	1	0	1	0	4
5	$\overline{D2}$	K2	1	1	0	1	0	1	1	5
6	$\overline{D3}$	K2	1	1	0	1	1	1	1	6
7	$\overline{D4}$	K2	1	0	1	0	0	1	0	7
c/8	$\overline{D1}$	K3	1	1	1	1	1	1	1	8
d/9	$\overline{D2}$	K3	1	1	1	1	0	1	1	9
e/a	$\overline{D3}$	K3	1	1	1	1	1	1	0	A
f/b	$\overline{D4}$	K3	1	1	1	1	1	0	0	P
F/Авост c/8	$\overline{D1}$	Вх. 4∧K3	1	1	0	0	1	0	0	Г
F/Авост d/9	$\overline{D2}$	Вх. 4∧K3	1	1	1	1	1	0	0	L
F/Авост e/a	$\overline{D3}$	Вх. 4∧K3	1	1	1	1	1	0	0	P
F/Авост f/b	$\overline{D4}$	Вх. 4∧K3	0	0	0	0	0	0	0	Пробел
Зп	$\overline{D1}$	K4	0	1	0	0	1	0	1	L
Чт	$\overline{D2}$	K4	1	1	0	0	1	0	0	Г
CA	$\overline{D3}$	K4	1	1	1	1	1	0	0	P
P	$\overline{D4}$	K4								P
A	$\overline{D1}$	K1∧K2	1	1	1	1	1	1	0	A
СК	$\overline{D1}$	K1∧K3	0	1	0	0	1	0	1	L
A+1	$\overline{D1}$	K2∧K4	0	1	0	0	1	0	1	L
Стоп	—	Вх. 4∧∧K1∧K2	1	1	1	1	1	1	0	A
F/Авост в рабочем режиме	—	Вх. 4	1	1	1	1	1	0	0	P

Параметры $М_д$, $М_е$, $С_д$, $С_е$ устанавливают интервалы заданного времени в минутах и секундах при выполнении заданной операции и задаются в десятичном коде.

Формат команды перехода (клавиша «f/b») такой же, как для БИС К145ИК1907. В седьмом разряде индицируется символ команды перехода «P», а в разрядах 4 и 3 — адрес перехода. Так, например, команда PPP1300 означает безусловный переход к команде по адресу 13. Формат команды цикла (клавиша «e/a») аналогичен приведенному для БИС К145ИК1907. В седьмом разряде индицируется символ кода команды цикла (A), в разрядах 4 и 3 указывается адрес команды, с которой начинается повторение, а число, записанное во втором разряде, указывает количество повторений. В остальном порядок работы таймера на БИС К145ИК1908 совпадает с таймером на БИС К145ИК1907. Для иллюстрации в табл. 11 приведен фрагмент программы таймера на БИС К145ИК1908.

Таблица 10. **Кодировка управляющих сигналов К145ИК1908**

Значения параметров		Активные выходы БИС, соответствующие параметрам Р2, Р3	Состояние управляющих выходов БИС (сигналов)							
			26	25	23	22	30	29	28	27
Р2	Р3		$\overline{Y4}$	$\overline{Y3}$	$\overline{Y2}$	$\overline{Y1}$	$\overline{Y8}$	$\overline{Y7}$	$\overline{Y6}$	$\overline{Y5}$
0	0	—	0	0	0	0	0	0	0	0
0	1	27	0	0	0	0	0	0	0	1
0	a	28, 30	0	0	0	0	1	0	1	0
C	1	27, 26, 25	1	1	0	0	0	0	0	1
0	e	28, 29, 30	0	0	0	0	1	1	1	0
8	d	27, 29, 30, 26	1	0	0	0	1	1	0	1
6	f	27, 28, 29, 30 23, 25	0	1	1	0	1	1	1	1

Таблица 11. **Пример программы работы таймера на БИС К145ИК1908**

Адрес	Разряды команды							Комментарий
	7	6	5	4	3	2	1	
00	0	1	1	0	0	1	5	В течение 15 с с выходов Y1 и Y5 БИС подается управляющее напряжение. При подаче на входы Вх. 1—Вх. 3 низкого уровня напряжения возможно осуществление перехода на выполнение команды, адрес которой соответствует табл. 5
01	4	5	0	0	2	0	0	С выходов Y1 и Y3 в течение 2 мин подается управляющее напряжение. При подаче низкого уровня напряжения на входы Вх. 1—Вх. 3 может быть осуществлен переход на команду по адресу 50, 60 или 70 в соответствии с табл. 5
02	3	2	4	0	1	2	0	С выходов Y2 и Y7 в течение 1 мин 20 с подается управляющее напряжение. При подаче низкого уровня напряжения на входы Вх. 1—Вх. 3 может быть осуществлен переход на команду по адресу 40, 50, 60 или 70 в соответствии с табл. 5
03	А	А	А	0	1	3	0	Будет происходить в течение трех раз повторение команд, начиная с адреса 01
01	Р	Р	Р	0	7	0	0	Осуществляется безусловный переход на команду по адресу 07

БИС для работы в системах регулирования К145ИК1910

Микроконтроллер К145ИК1910 совместно с внешним запоминающим устройством, компаратором и цифроаналоговым преобразователем (ЦАП) предназначен для использования в системах регулирования и поддерживает заданное значение некоторой величины. Назначение выводов БИС представлено на рис. 15. Для возбуждения внутреннего задающего генератора БИС можно использовать кварцевый резонатор 32768 Гц (РК101), при этом время измерения регулируемого параметра не будет превышать 0,5 с. Если наличие кварцевого

Рис. 15. Назначение выводов БИС К145ИК1910

резонатора не обязательно, то возбуждение ЗГ на частотах 30...40 кГц можно осуществлять с помощью внешних RC-цепей. Мощность, потребляемая БИС, не превышает 250 мВт, а диапазон рабочих температур лежит в пределах от минус 10 до плюс 55° С. Напряжение питания —27 В, а допустимое значение напряжения на любом из выводов не должно превышать 30 В. Входное напряжение нуля (напряжение высокого уровня) не должно превышать —2 В. Выходной ток нуля для выходов $\overline{D_i}$ не более 10 мА, $\overline{I_j}$ — 2 мА, а Y_i — 1 мА. При подключении внешнего ОЗУ сопротивление нагрузки на выходах PrR и PrM должно быть не менее 1 МОм. Выходные ключевые каскады портов БИС собраны по схеме с оторванным стоком, что позволяет легко согласовать каналы БИС по напряжению и току с внешними элементами.

Данная БИС может использоваться в системах автоматического поддержания давления, температуры, для сигнализации о выходе некоторых параметров за заданные пределы и т. п. При этом БИС может осуществлять управление ЦАП с помощью выходных сигналов $\overline{Y1—Y6}$. Для обеспечения большей точности преобразования при малой разрядности цифровой части ЦАП (6 бит) в преобразуемом аналоговом сигнале выделяются неизменная его часть, называемая базой (Б), и зона управления — область, в пределах которой могут изменяться значения измеряемой величины. В пределах зоны управления переменная составляющая входного сигнала подвергается аналого-цифровому преобразованию (АЦП) для осуществления процесса регулирования. Относи-

тельно среднего значения аналогового сигнала в пределах зоны управления задаются две величины: приращение (П) — переменная составляющая регулируемой величины, равная половине зоны управления, и гистерезис (Г) — это допустимое изменение регулируемого сигнала относительно среднего значения в сторону уменьшения или увеличения. Удвоенная величина гистерезиса определяет зону регулирования, т. е. область допустимых значений изменения сигнала. Ввиду того, что шестиразрядный ЦАП позволяет квантовать зону управления на (2^6—1) уровней, для реализации возможности увеличения или уменьшения зоны управления и точности регулирования вводится коэффициент К, задаваемый в пределах от 0,1 до 1, с шагом 0,1. Коэффициент пропорциональности К в диапазоне от 0,1 до 1 вводится цифрами от 0 до 9 соответственно. Тогда диапазон регулирования параметра будет определяться величиной (2^6—1)К. Все константы (Б, П, Г, К) записываются в ЗУ в целочисленном виде в цифровом коде и масштабируются в процессе работы коэффициентом пропорциональности К. Задаваемые или измеряемые параметры индицируются на четырехразрядном индикаторе в целочисленном виде (без учета запятой). При этом возможна индикация чисел в диапазоне от — 99 до 999.

Один из возможных вариантов схемы включения БИС К145ИК1910 в системе автоматического регулирования представлен на рис. 16. Для обеспечения работы задающего генератора БИС используется кварцевый резонатор Z1 типа РК101А с частотой 32768 Гц. В случае, если высокая стабильность частоты

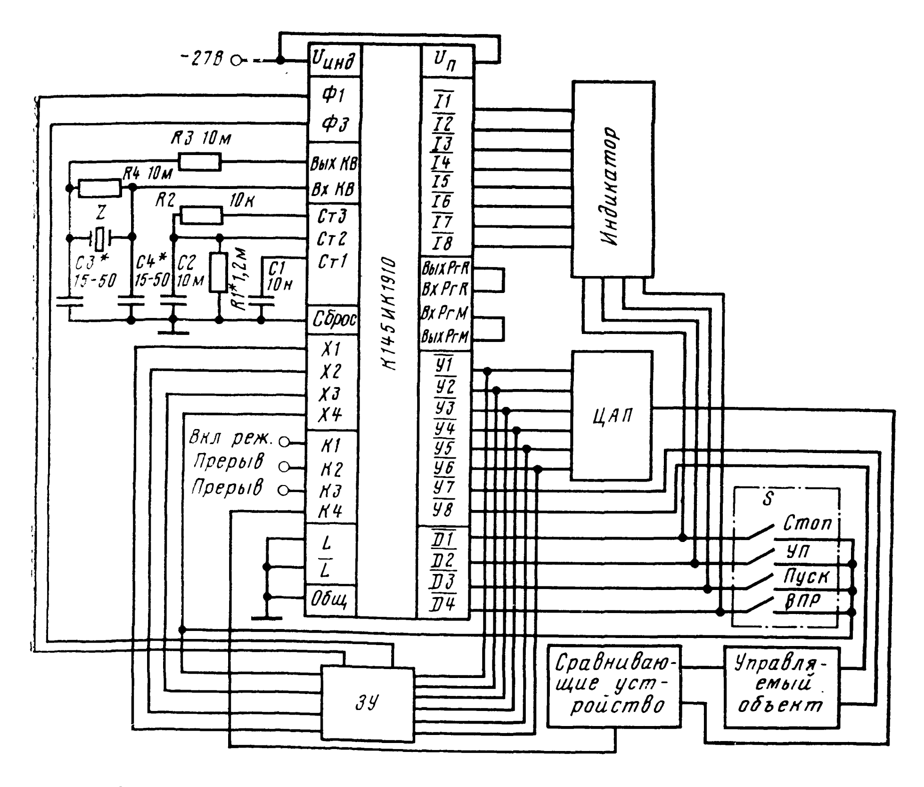


Рис 16. Схема включения БИС К145ИК1910 в системе регулирования

задающего генератора не обязательна, кварцевый резонатор, а с ним и элементы R3, R4, C3, C4 можно исключить, соединив при этом Вх. Кв с общим выводом.

В качестве запоминающего устройства можно использовать БИС ЗУ (например К145РЕ2П), но в простейшем случае можно обойтись кодопреобразователем, ставящим в соответствие шестибитовому коду $\overline{Y1}$—$\overline{Y6}$ четырехбитовую комбинацию X1—X4. Для индикации параметров может быть использован катодолюминесцентный индикатор (аналогично рассмотренному в предыдущих разделах). Сигналы $\overline{Y1}$—$\overline{Y6}$ на ЗУ и ЦАП подаются поочередно. Для ЗУ эти сигналы определяют адреса констант и данных. В цифроаналоговом преобразователе сигналы Y1—Y6 коммутируют входы резистивной матрицы, уравновешивая аналоговый сигнал от объекта управления. В результате последовательного приближения сигналов в момент их сравнения в портах $\overline{Y1}$—$\overline{Y6}$ фиксируется шестибитовый код, который определяет измеряемый аналоговый сигнал. Сигналы Y7 и Y8 служат для управления исполнительным устройством, которое осуществляется на определенной программе, зашитой в ПЗУ БИС или записанной предварительно во внешнее ЗУ. Активным состоянием управляющего сигнала является логический 0 (высокий уровень напряжения).

Для управления режимами работы БИС служит клавиатура S (рис. 16). Клавишами «Стоп» и «Пуск» осуществляется соответственно останов и запуск выполнения программы регулирования. Клавиша «УП» задает режим ввода значения регулируемой величины, а клавиша «ВПР» — режима ввода параметров регулирования.

При наличии логического нуля на одном из входов БИС (Вх. К2 или Вх. К3) осуществляется прерывание работы БИС. Причем появление сигнала на Вх. К3 сразу приводит к отключению каналов управления и включению сигнала аварийной ситуации ($\overline{Y8}$). При этом на четвертом (старшем) разряде индикатора осуществляется периодическое повторение символа 0 с частотой 1 Гц. Появление сигнала на входе Вх. К2 (предупредительный сигнал) в течение 10 с не изменяет выходные сигналы БИС и лишь по прошествии этой выдержки времени, если сигнал по Вх. К2 не снимается, канал управления выключается и включается сигнализация.

Для расширения возможностей регуляторов с использованием БИС предусмотрено четыре режима ее работы, которые задаются во внешнем ЗУ или устанавливаются подачей соответствующих кодов на входы X1 и X2. При задании на входы X1; X2 кода 00 будет осуществляться режим Р1. Он используется при однонаправленном изменении параметра (увеличении или уменьшении). При этом управляющий сигнал первого канала поступает на объект регулирования, стремясь привести регулируемый параметр в заданное состояние. Вся зона регулирования определяется зоной регулирования одного канала управления от (П—Г) до (П+Г). Для регулирования параметра, который может изменяться как в сторону увеличения, так и уменьшения, используют режим Р2. Его задают подачей на X1, X2 кода 01. В этом режиме зона регулирования первого канала управления находится в пределах от (П) до (П+Г), а второго от (П—Г) до (П).

Режим Р3 предназначен для использования при контроле разности значений параметра в различные моменты времени. Он задается подачей на X1, X2 кода 10. При работе в этом режиме первый канал управления используется

для сигнализации о превышении величины разности сигналов допустимого значения. Второй сигнал управления коммутирует сигналы от контролируемых датчиков на входе схемы сравнения.

Модификацией режима Р1 является режим Р4. Он отличается от Р1 конкретно заданным значением Б=—25 и К=0,5 (зашито в ПЗУ БИС при изготовлении), что позволяет использовать БИС для регулирования температуры холодильной камеры. Задается этот режим подачей на X1, X2 кода 11.

ОДНОКРИСТАЛЬНЫЕ МИКРОЭВМ ДЛЯ БЫТОВОГО ПРИМЕНЕНИЯ

В настоящее время выпускается ряд серий однокристальных микроЭВМ: К1813, К1814, К1816, К1820 [17], предназначенных для использования в бытовой радиоэлектронной аппаратуре и системах управления бытовым электрооборудованием. Применение однокристальных микроЭВМ, реализующих на одной БИС функции ввода-вывода, хранения и обработки данных, позволяет достигать максимальной простоты и дешевизны систем управления, а такие недостатки перечисленных ОМЭВМ, как невысокое быстродействие и разрядность, не являются препятствием их применения в бытовой технике.

Однокристальная микроЭВМ К1814 (аналог TMS1000) программируется с помощью маски-шаблона в процессе изготовления, разрабатывать которую экономически выгодно для партий свыше 10 000 шт. В этой серии предусмотрено наличие БИС отладочного кристалла КМ1814ВЕ3, которая не имеет встроенного ПЗУ и позволяет макетировать различные применения БИС данной серии.

В серии БИС К1816 ОМЭВМ КМ1816ВЕ48 (аналог Intel 8748) можно использовать в устройствах любой серийности, а также в устройствах, требующих периодической модернизации, так как ее ПЗУ допускает возможность перезаписи.

Однокристальная микроЭВМ КР1816ВЕ49 (аналог Intel 8049), обладая теми же параметрами, что и КР1816ВЕ48, имеет масочное ПЗУ, не допускающее возможность перезаписи, что экономически выгодно для партий большой серийности.

Структуру и систему команд серий БИС К1814 и К1816 рассмотрим далее подробно.

Однокристальные четырехразрядные микроЭВМ серии К1820 (аналог COP 400) изготовляются по n-МОП-технологии с напряжением питания 5 В. В системе команд содержится 49 базовых команд. Имеется встроенный генератор с тактовой частотой 4 МГц. Объем внутренней памяти данных (ОЗУ) 64×4. Имеющиеся четыре порта обеспечивают ввод и вывод информации и управляющих сигналов. Серия содержит как БИС для отладки программ и работы с внешним ПЗУ (КР1820ВЕ1), так и БИС с внутренним ПЗУ 1024×8 (КР1820ВЕ2).

Особое положение в ряду ОМЭВМ занимает КМ1813ВЕ1А (аналог Intel 2920), так как предназначена для работы с аналоговыми сигналами. Эта БИС имеет встроенные аналого-цифровой и цифроаналоговый преобразователи, ППЗУ с ультрафиолетовым стиранием объемом 192×24, ОЗУ 40×25, арифметико-логическое устройство. Наличие аналогового ввода-вывода и встроенного устрой-

ства цифровой обработки БИС КМ1813ВЕ1 определяет возможность ее использования при построении фильтров, в том числе и перестраиваемых, в синтезаторах и анализаторах речи, в анализаторах спектра, для генерации сигналов различной формы и т. п.

БИС выполнена по n-МОП-технологии, имеет напряжения питания ±5 В, требует подключения дополнительно опорного напряжения для АЦП и ЦАП 1 или 2 В.

Система команд содержит 21 команду, что позволяет производить арифметические и логические операции.

Тактирование осуществляется от встроенного или от внешнего генератора с частотой 6,6 МГц. При этом если обработка входного сигнала требует выполнения 192 команд, то верхняя частота входного аналогового сигнала не превышает 8 кГц. При использовании минимальной программы обработки верхняя частота повышается до 40 кГц.

Входной аналоговый сигнал может быть двуполярным, но его амплитуда не должна превышать значение опорного напряжения.

При наличии опорного напряжения 1 В точность квантования равна 4 мВ.

Применение однокристальных микроЭВМ в устройствах бытовой техники весьма эффективно, однако этапы разработки устройств управления с использованием ОМЭВМ имеют свою специфику.

Отметим главные этапы разработки контроллеров бытовой аппаратуры на основе ОМЭВМ. На первом этапе разрабатываются функциональная схема проектируемого устройства и обобщенный алгоритм его работы; на втором составляют детальный алгоритм и структуру устройства, выбирают БИС ОМЭВМ. При этом анализируются быстродействие, разрядность, наличие средств проектирования и отладки, потребляемая мощность и т. д. На третьем этапе разрабатывается на основе набора команд выбранной ОМЭВМ и алгоритма работы устройства программа, которая впоследствии записывается в ПЗУ ОМЭВМ; на четвертом этапе осуществляется проверка правильности программы с помощью отладочных средств.

Для ОМЭВМ обязательным завершающим этапом является отладка контроллера на макете, в основе которого лежат отладочный кристалл ОМЭВМ (т. е. ОМЭВМ с перепрограммируемым самим разработчиком ПЗУ) и интерфейс с управляемыми элементами объекта. На этом этапе окончательно отрабатывается программа, которая затем записывается в ПЗУ ОМЭВМ.

Однокристальная микроЭВМ КМ1816ВЕ48

Микросхема КМ1816ВЕ48 представляет собой СБИС однокристальной восьмиразрядной микро-ЭВМ со встроенной перепрограммируемой памятью (ППЗУ), со стиранием информации ультрафиолетовым излучением, изготовленную по n-МОП-технологии [16]. Она имеет аналог Intel 8748, описанный в [20, 21]. Данная ОМЭВМ может быть использована в контрольно-измерительной аппаратуре, промышленных роботах, бытовой технике. Наличие перепрограммируемой памяти с ультрафиолетовым стиранием позволяет пользователю самостоятельно задавать функции ОМЭВМ путем записи своей программы в ППЗУ. Это особенно удобно для систем, требующих периодической модернизации, и в мелкосерийном производстве.

МикроЭВМ содержит все функциональные узлы, необходимые для самостоятельной работы: центральный процессор, память команд, память данных, интерфейс ввода-вывода, таймер, схему прерываний, тактовый генератор.

Микросхема КМ1816ВЕ48 имеет восьмиразрядный канал данных, двенадцатиразрядный канал адреса. Объем внутренней памяти команд (ППЗУ) — 1024×8 с возможностью подключения внешней памяти общей емкостью 4096×8 бит. Объем внутренней памяти данных (ОЗУ) 64×8 с возможностью подключения внешней памяти данных емкостью до 320×8. Однокристальная микроЭВМ

Таблица 12. **Назначение выводов КМ1816ВЕ48**

Обозначение вывода	Номер вывода	Назначение вывода
U_{GND}	20	Корпус
U_{DD}	26	Источник питания. В режиме программирования ППЗУ 25 В. В режиме работы микро-ЭВМ 5 В
U_{SS}	40	5 В
PROG	25	Вход источника импульсного напряжения в режиме программирования ППЗУ. Выход — управляющий сигнал для расширителя ввода-вывода
P_{10}—P_{17}	27—34	Порт 1. Восьмиразрядный квазидвунаправленный порт
P_{20}—P_{27}		Порт 2. Восьмиразрядный квазидвунаправленный порт. P_{20}—P_{23} — четыре старших разряда счетчика команд при обращении к внешней памяти команд
DB0—DB7	12—19	Порт 0. Восьмиразрядный двунаправленный порт. Восемь младших разрядов счетчика команд при обращении к внешней памяти команд и данных. Как вход принимает код команды из внешней памяти команд по сигналу PME. Принимает (выдает) данные при обращении к внешней памяти по сигналам R, W
TO	1	Как вход используется при условных переходах по командам ITO, INTO. Как выход выдает тактовые сигналы для внешней синхронизации по команде ENTO CLK. Как вход используется при программировании
$\overline{INT}$	6	Вход прерывания
	8	Выход. Используется как строб при обращении к внешней памяти данных при чтении
$\overline{W}$	10	Выход. Используется как строб при внешней памяти данных при записи
$\overline{CLR}$	4	Установка. Вход. Используется для установки микросхем в исходное состояние. Используется при программировании для фиксации адреса ППЗУ
ALE	11	Выход. Разрешение фиксации адреса. Задний фронт стробирует адрес для внешней памяти
$\overline{PME}$	9	Выход. Используется при обращении к внешней памяти команд. Стробирует код команды для микро-ЭВМ
$\overline{SS}$	5	Вход. Используется для реализации пошагового режима выполнения команд
EMA	7	Вход. Управляющий вход для выбора внешней или внутренней памяти команд. Используется при программировании ППЗУ
CR 1	2	Вход 1. Для подключения кварца или внешнего генератора тактов
CR 2	3	Вход 2. Для подключения кварца или внешнего генератора тактов
TI	39	Вход тестирования

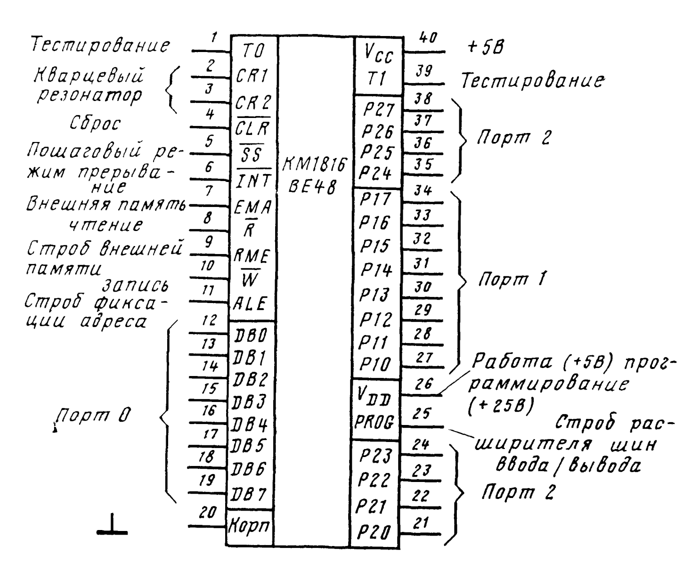


Рис. 17. Схема разводки выводов КМ1816ВЕ48

имеет 16 восьмиразрядных регистров общего назначения (РОН) и восьмиуровневый стек. Число линий ввода-вывода — 27 и имеется два уровня прерываний с приоритетом. В системе команд содержится 96 базовых команд. Однокристальная микроЭВМ имеет скорость операций типа регистр — регистр $4 \cdot 10^5$ операций/с, а частота встроенного генератора 6 МГц. КМ1816ВЕ48 имеет напряжение питания 5В $\pm 5\%$ при токе потребления меньшем и равном 135 мА. Уровни логических сигналов: $U^0_{вх} \leqslant 0{,}8$ В; $U'_{вх} \geqslant 2$ В; $U^0_{вых} \leqslant 0{,}45$ В; $U'_{вых} \leqslant 2{,}4$ В. Конструктивно БИС размещена в 40-выводном металлокерамическом корпусе с прозрачной крышкой (типа 2123.40-6) и может работать в диапазоне температур от —10 до +70° С.

На рис. 17 представлена схема разводки выводов ОМЭВМ и структура внешних логических связей, а в табл. 12 дано их назначение. Система команд КМ1816ВЕ48 приведена в приложении. Отметим, что на данной ИС можно построить практически любое устройство, в котором используется семейство MCS-48 фирмы Intel.

Описание функциональной схемы КМ1816ВЕ48

Основное внимание в этом разделе мы уделим логической структуре ОМЭВМ, а по вопросам программирования КМ1816ВЕ48 рекомендуем [22].

Структурная схема микроЭВМ КМ1816ВЕ48 представлена на рис. 18. Рассмотрим по ней взаимодействие основных функциональных блоков.

Синхронизация всей работы ОМЭВМ осуществляется за счет встроенного генератора, который представляет собой схему с последовательным резонансом, работающую в диапазоне частот 1 ... 6 МГц. Для возбуждения генерации необходимо к выводам CR1, CR2 присоединить кварцевый резонатор или RC цепь. Возможно возбуждение схемы и внешним генератором, при этом синхросигналы подаются на выход CR1.

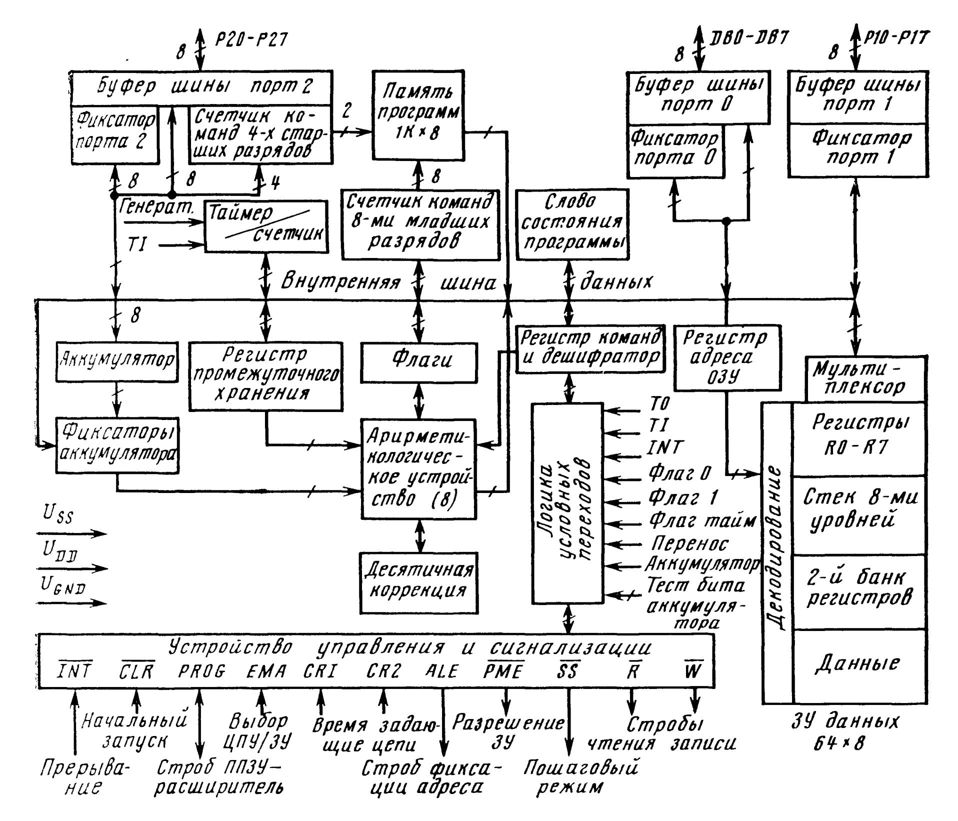


Рис. 18. Структурная схема БИС КМ1816ВЕ48

Для получения тактовой частоты (CLK) в счетчике состояний частота генератора делится на три. Сигналы тактовой частоты могут выводиться на внешний вывод ТО по команде ENTO CLK. При подаче команды «Сброс» ($\overline{CLR}$) вывод тактовых сигналов блокируется.

Машинный цикл, рис. 19, состоящий из пяти тактов [21], получается с помощью счетчика циклов, делящего тактовую частоту на пять. Этот сигнал (ALE) частотой около 400 кГц необходим для работы с внешней памятью и выводится на вывод ALE. Для обеспечения точных временны́х интервалов и подсчета внешних событий реализован таймер/счетчик событий.

Режим таймера. По команде START на вход счетчика подаются синхроимпульсы, получающиеся делением сигнала ALE на 32. Получающиеся сигналы частотой 12,5 кГц (при частоте генератора 6 МГц) дают приращение счетчику каждые 80 мкс, что позволяет получить задержки от 80 мкс до 20 мс (256 отсчетов). Задержки большей длительности получают программным путем. Задержку менее 80 мкс можно получить, подавая на вход T1 внешние синхроимпульсы требуемой частоты (используя, например, сигнал на выходе ALE).

Режим счетчика событий. По команде START CNT на вход счетчика подаются сигналы с вывода T1. Переброс счетчика происходит по заднему фрон-

	Машинный цикл					
S5	S1	S2	S3	S4	S5	S1
	Ввод команды	Дешифрация	Выполнение			Ввод команды
Вывод адреса		инкрементирование СК	Вывод адреса			

Рис. 19. Цикл выполнения команды КМ1816ВЕ48

ту импульсов. Длительность импульсов должна быть не менее 100 нс, граничная частота переключений составляет одну треть от частоты машинного цикла.

Команды работы с таймером/счетчиком. По команде MOVTA происходит загрузка восьмиразрядного счетчика из аккумулятора и ей же разрешается счет по командам START CNT или START T. Останавливается счетчик по команде STOP TCNT или $\overline{\text{CLR}}$ и ждет поступления команд START CNT (Пуск счетчика) или START T (Пуск таймера). В процессе работы восьмиразрядный счетчик может дойти до максимального значения (FF_{16}), а затем перейти в нулевое значение (00_{16}) и продолжать отсчет, при этом в момент перехода от состояния FF_{16} в состояние 00_{16} генерируется запрос на прерывание и перебрасывается триггер индикатора переполнения. По команде перехода по флажку таймера (JTF) можно определить состояние триггера индикатора переполнения, который сбрасывается после выполнения команд JTF или $\overline{\text{CLR}}$. Запрос на прерывание по переполнению соединяется по ИЛИ со входом INT внешнего запроса на прерывание. Независимо от внешних прерываний прерывания по переполнению разрешаются или запрещаются соответственно командами BN TCNTI или DIS TCNTI. Если внутренние прерывания разрешены (ENTCNTI), то при переходе счетчика из FF_{16} в 00_{16} произойдет переход к подпрограмме обслуживания прерываний, адрес которой находится в ячейке 7 памяти программ. В случае одновременного прихода внешнего запроса на прерывание сначала происходит переход к подпрограмме обслуживания внешних прерываний, адрес которой расположен в ячейке 3 памяти программы, а запрос на прерывание от счетчика/таймера будет отрабатываться после обслуживания внешних прерываний.

При переходе на подпрограмму обслуживания прерываний (адрес в ячейке 7) или по команде запрещения прерывания DIS TCNTI запрос на прерывание сбрасывается.

Встроенное ЗУ данных состоит из 64 восьмиразрядных слов. Первые восемь регистров (R0—R7) являются рабочими, используются для хранения промежуточных результатов и непосредственно адресуются несколькими командами. Все 64 ячейки косвенно адресуются через любой из двух регистров-указателей ЗУПВ, расположенных в P0 и P1. Ячейки 0—7 являются нулевым банком рабочих регистров. При выполнении команды SEL RBI (выбор блока регистров 1) в качестве рабочих регистров вместо ячеек 0—7 назначаются ячейки 24—31, которые становятся при этом непосредственно адресуемыми (первый банк рабочих регистров). Это расширяет нулевой банк регистров, или банк можно ис-

пользовать при отработке прерываний. При переключении на банк 1 создаются дополнительно два регистра-указателя R0* и R1*. В ячейках 8—23 может также содержаться стек. Эти ячейки адресуются указателем стека при вызове подпрограмм и могут адресоваться регистрами-указателями ЗУПВ R0 и R1, и если стек занимает не все ячейки, остальные могут использоваться в ЗУПВ.

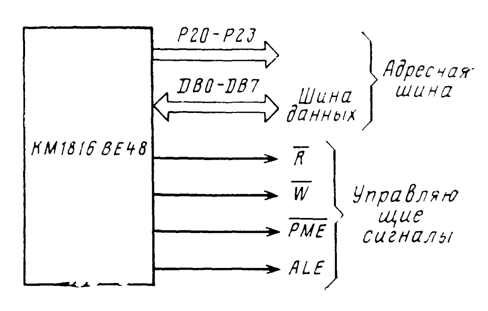


Рис. 20. Структура **связей БИС при подключении внешней памяти**

При обращении к внешней памяти данных структура связей представлена на рис. 20.

Встроенная память программ в КМ1816ВЕ48 представляет собой программируемое пользователем и стираемое ультрафиолетовым излучением ППЗУ емкостью 1024 байт. Помимо хранения команд, память программ используется для хранения констант. Внешний сигнал CLR (Установка в исходное состояние) обеспечивает выбор команд по адресу 0. Входной сигнал INT (Запрос прерывания) при наличии разрешения прерывания вызывает переход к подпрограмме обработки внешних прерываний, первое слово которой хранится в ячейке 3. Адрес подпрограммы обработки прерываний по переполнению таймера/счетчика хранится в ячейке 7.

В счетчике команд (СК) содержится адрес следующей (за выполняемой) команды. Так как программы в ЗУ программ записываются в порядке возрастания адресов, то при выборке очередной команды содержимое счетчика команд увеличивается на единицу. Десять младших разрядов СК адресуют встроенное ЗУ программ, старшие разряды используются для выборки из внешней памяти программ. По входному сигналу CLR СК устанавливается в 0. Для реализации прерываний содержимое СК запоминается в паре восьмиразрядных регистров стека (ячейки 8—23 ЗУ данных).

Трехразрядный указатель стека (часть слова состояния программы ССП) указывает номер пары используемых регистров ЗУПВ. Нулевой указатель стека указывает на ячейки 8 и 9 ЗУПВ, т. е. первый же переход к подпрограмме или прерывание передает содержимое счетчика команд в ячейки 8 и 9 ЗУПВ, а указатель стека увеличится на единицу, указывая уже на 10 и 11 ячейки ЗУПВ. Стек используется для хранения содержимого счетчика команд и четырех битов ССП. К стеку можно обращаться восемь раз, при девятом обращении самый первый из запоминаемых процессов будет утерян (ячейки 8 и 9), так как указатель стека при прерывании перейдет из состояния 111 в 000. Для возвращения к прерванной программе в конце подпрограммы используются команды RET (Возврат) или RETR (Возврат с восстановлением состояния), которые уменьшают содержимое указателя стека, и содержимое пары регистров по уменьшенному адресу стека передается в счетчик команд.

Слово состояния программ (ССП) — восьмиразрядное. Старшие четыре разряда ССП запоминаются в стеке и восстанавливаются по команде RETR. Команда RET не воздействует на ССП. Разряды 0÷2 ССП занимает указатель стека, в разряде 3 при считывании ССП всегда «1» (он не используется), разряд 4

показывает номер банка («0» — нулевой банк; «1» — первый). В пятом разряде фиксируется флаг индикатора F0, по содержимому которого происходит переход по командам JF0 или JB1. В шестом разряде содержится бит промежуточного переноса, вырабатываемый командой ADD, который используется командой десятичной коррекции DAA. Седьмой разряд содержит индикатор переноса (C), который показывает, что предыдущая операция привела к переполнению аккумулятора.

Прерывания. При обнаружении по выходу $\overline{INT}$ сигнала прерывания (нулевой уровень), а линия прерываний контролируется в каждом машинном цикле во время сигнала ALE, происходит переход к подпрограмме обработки прерываний по адресу ячейки 3 ЗУ программ) по завершению всех циклов текущей команды. Содержимое счетчика команд и ССП запоминается в стеке, как и при переходе к подпрограмме (CALL). Обычно ячейка 3 содержит безусловный переход к подпрограмме обработки прерываний в памяти программ, которая должна заканчиваться командой RETR возврата из подпрограммы с восстановлением ССП. Следует отметить, что система не реагирует на все последующие запросы на прерывание (как внешние, так и внутренние) до выполнения команды RETR. Выполняемый запрос на прерывание должен быть снят перед выполнением команды RETR, иначе процессор снова начнет подпрограмму обработки прерываний. Прерывания разрешаются или запрещаются командами ENI и DISI соответственно. Сигнал установки $\overline{CLR}$ запрещает прерывания, пока они не будут разрешены программно.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ) может выполнять следующие функции: сложение с переносом (АДДС) или без него (АДД); операция И (ANL), ИЛИ (ORL), исключающие ИЛИ (XRL). Увеличение/уменьшение содержимого аккумулятора на единицу (INCA/DECA); циклический сдвиг влево/вправо (RLA/RRA), обмен местами четырех младших и старших разрядов аккумулятора (SWAPA), очистка аккумулятора (CLRA) и десятичную коррекцию (ДАА).

При переполнении старшего разряда в результате проведения операций в АЛУ в ССП бит переноса устанавливается в 1, а при выполнении операций двоично-десятичного сложения в соответствующее состояние (0 или 1) устанавливается флаг промежуточного переноса.

Аккумулятор обычно содержит один из операндов и туда же помещается результат. Данные каналов ввода-вывода также проходят через аккумулятор.

Дешифратор команд. Каждая операция процессора задается с помощью кода команд, который записывается в регистр команд и преобразуется в сигналы, управляющие АЛУ (дешифрируется). Если команда двухбайтовая, то первый байт помещается в регистр команд, второй — в промежуточное ЗУ, а затем после дешифрации процессор переходит к выполнению команд.

При выборке команд сначала процессор передает адрес из счетчика команд в память программ, затем из памяти программ возвращается выбранный байт, который процессор запоминает в регистре команд.

Устройства ввода-вывода. Для ввода-вывода в ИС КМ1816ВЕ48 используется 27 выводов, которые сгруппированы в три порта (0, 1, 2) по 8 выходов, и имеется 3 вывода тестирования и прерывания (T0, T1, INT) для измененния хода программы по командам условного перехода (JT0, JT1). По входу все сигналы совместимы с ТТЛ-логикой, по выходу каждая линия может быть нагружена одним стандартным элементом ТТЛ.

Восьмиразрядные квазидвунаправленные порты 1 и 2 имеют одинаковые характеристики и структуру цепей ввода-вывода [21], которая позволяет, несмотря на то, что выходы имеют статически фиксированный потенциал, служить каждому выводу порта 1 и 2 в качестве входа, выхода или того и другого. При выполнении вывода данные на выводах портов 1 и 2 удерживаются до появления следующей серии данных, а при вводе данные не фиксируются, т. е. вводимые данные должны сохраняться на входах, пока не будут считаны.

Ввести данные на порты 1, 2 можно только путем изменения уровня отдельных выводов с высокого (1) на низкие (0). Изменить же на некотором выводе низкий уровень (0) на высокий (1) за счет изменения уровня внешних сигналов нельзя. Таким образом, порты 1 и 2 имеют следующие возможности:

1. Вывод произвольных кодовых комбинаций, которые фиксируются до появления следующих.

2. Запись на входные линии портов 1, 2 предварительно установленных в состояние 1.

3. При выводе информации некоторые разряды портов 1, 2 можно использовать как входные, если на них вывести 1. Все это позволяет обеспечивать ввод-вывод по одним и тем же шинам, а также смешивать входные и выходные линии внутри одного порта. Порт данных (порт 0) — основной порт ввода-вывода — восьмиразрядный, двунаправленный, синхронизируется входными и выходными стробами. Выводимые сигналы фиксируются до момента перезаписи, а вводимые сигналы должны поддерживать на входах, пока не будут считаны. Ввод данных осуществляется по команде INSA, P (Пересылка содержимого порта в аккумулятор), а вывод — OUTL P, A (Пересылка содержимого аккумулятора в порт), при этом формируются сигналы на выводах $\overline{W}$ и $\overline{R}$ соответственно.

При использовании порта 0 как двунаправленного для записи/считывания используется команда MOVX (Пересылка содержимого аккумулятор — внешняя память). При записи в канал генерируется импульс на $\overline{W}$ и выводимые данные готовы для выдачи по заднему фронту сигнала на $\overline{W}$. При считывании с канала генерируется импульс на $\overline{R}$ и выводимые данные должны быть готовы для считывания по заднему фронту сигнала $\overline{R}$. Когда нет записи/считывания, линии порта данных (порт 0) находится в состоянии высокого сопротивления (отключены). Входы тестирования T0, T1, INT непосредственно тестируются с помощью команд условного перехода.

При подаче импульса сброса на вход $\overline{CLR}$ (нулевой уровень длительностью не менее 50 мс) обеспечиваются следующие операции: счетчик команд и указатель стека устанавливается в 0. Выбирается нулевой банк регистров и нулевой банк памяти. Порты 1 и 2 устанавливаются в режим ввода, а порт данных в состояние высокого сопротивления; запрещаются внутренние и внешние прерывания, таймер останавливается. Очищаются флаги таймера, F0 и F1. Запрещается вывод синхроимпульсов с вывода T0.

Таким образом, система команд ОМЭВМ, состоящая из 96 команд обеспечивает выполнение операций передачи и преобразования данных, логической двоичной и десятичной арифметики, операции передачи управления.

Архитектура микро-ЭВМ позволяет увеличить число линий ввода-вывода за счет подключения дополнительных микросхем запоминающих устройств, ии-

терфейсов ввода-вывода серии КР580. Для применения микро-ЭВМ К1816 важным является их совместимость по уровням сигналов с ТТЛ-схемами.

Все это позволяет эффективно использовать БИС серии К1816 при построении схем управления бытовой техники.

Однокристальные микроЭВМ серии К1814

Микро-ЭВМ серии К1814 [18] изготовлены по р-МОП-технологии и представляют собой четырехразрядные ОМЭВМ, предназначенные для построения различных систем управления.

В состав серии входит универсальная микро-ЭВМ КМ1814ВЕ3 (аналог TMS 1099), которая работает с внешним ПЗУ и является отладочной БИС, применяемой на этапе разработки специализированных устройств и отладки программ. Данная БИС может использоваться и для самостоятельного применения в малосерийных изделиях, когда разработка специализированной ОМЭВМ неэкономична.

Выпускается также ряд ОМЭВМ, внутреннее масочно-программируемое ПЗУ которых запрограммировано на выполнение определенных функций, как, например, КР1814ВЕ2 (аналог TMS1000NLL), предназначенная для управления цветомузыкальной установкой, или КР1814ВЕ4 (аналог TMS1200), которая применяется для управления кассетным магнитофоном. Назначение выводов БИС дано в табл. 13 и на рис. 21, 22.

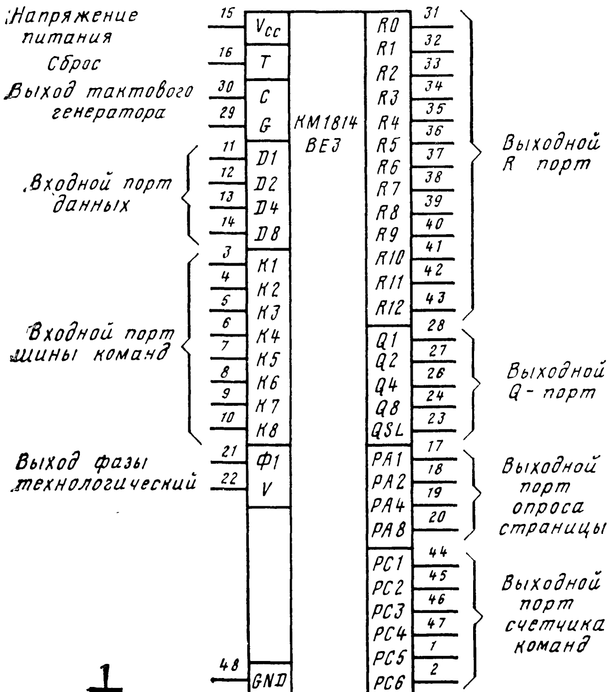


Рис. 21. Назначение выводов БИС К1814ВЕ3

Рис. 22. Назначение выводов БИС К1814ВЕ4

Отладочная БИС выпускается в 48-выводном металлокерамическом корпусе, а специализированные БИС данной серии — в пластмассовых корпусах.

Однокристальная микро-ЭВМ К1814 имеет ПЗУ программ объемом 1К×8 (кроме КМ1814ВЕ3, которая встроенного ПЗУ не имеет), ОЗУ данных, состоящее из 64 четырехбитовых ячеек, порты ввода-вывода, генератор тактов и четырехразрядное арифметико-логическое устройство. Базовая система команд содержит 43 команды (приложение 3).

Для работы БИС требуется отрицательное напряжение питания 9 В. Входное напряжение низкого уровня должно быть от —9 до —4 В, а высокого уровня — от 1 до 0,3. Выходное напряжение высокого уровня не менее — 0,75 В. Большая интегральная схема потребляет мощность не более 70 мВт и предназначена для работы в диапазоне температур от —10 до +70° С.

Описание функциональной схемы БИС К1814

Логическая структура ОМЭВМ серии К1814 приведена на рис. 23, а на рис. 24 представлены те отличия, которые имеет структурная схема отладочной БИС КМ1814ВЕ3 [18].

Рассмотрим взаимодействие основных блоков ОМЭВМ К1814.

Синхронизация работы ОМЭВМ осуществляется с помощью тактового генератора (Г) (рис. 23), вырабатывающего пять тактовых сигналов (фаз). Для его работы необходимо объединить выводы С и G БИС и подключить к ним резистор R (30...50 кОм) и конденсатор С (40...100 пФ) (рис. 25). Их подбором частота генератора устанавливается в пределах 100...350 кГц. При R=50 кОм и С=47 пФ частота генератора составляет 300 кГц. Для увеличения стабильности тактового генератора возможно подключение кварцевого резонатора, а также синхронизация внешними тактовыми импульсами, подаваемыми на вход С. Командный цикл длится шесть тактов и для частоты 300 кГц равен 20 мкс.

Оперативное запоминающее устройство представляет собой четыре страницы по 16 четырехбитовых ячеек и адресуется с помощью двух регистров: ре-

Таблица 13. **Функциональное назначение выводов БИС КР1814ВЕ2**

Номер вывода	Обозначение	Назначение вывода	Назначение вывода в составе игры
1 2 3	R8 R9 R10	Разряды выходного R-порта	Формирование выходных сигналов Сканирование переключателя сложности
4	V_{cc}	Источник питания (—9 В)	
5 6 7 8	D1 D2 D4 D8	Четырехразрядный входной порт	Ввод информации о состоянии переключателей и клавиши
9	T	Вход управления режимом	Подключение внешних элементов установки режима
10 11	Q7 Q3	Разряды выходного Q-порта	
12	GND	Общий	
13 14 15	Q2 Q1 Q0	Разряды выходного Q-порта	
16 17	C G	Выходной генератор	Подключение внешних RC-цепей
18	R0		Сканирование переключателей игры
19 20 21 22 23 24	R1 R2 R4 R5 R6 R7	Разряды выходного R-порта	Сканирование цветовых клавиш **Сканирование управляющих кнопок** Формирование сигналов подсвета клавиш: желтый синий зеленый красный

гистр X (РХ) с помощью двухбитового адреса выбирает одну из четырех страниц; регистр У (РУ) определяет одну из 16 ячеек (4 бита) на странице. Непосредственно в ОЗУ адрес с регистров подается с дешифраторов DX и DY. Загружается РХ командой LDX, а команда COMX позволяет инвертировать три младших разряда. Регистр РУ с помощью команды TCY загружается константой, а команды TMY и TAY позволяют загружать РУ из ОЗУ и аккумулятора.

Есть возможность командами IYC и DYN увеличивать и уменьшать содержимое РУ на единицу. Регистр Y служит также для адресации R-выходов, ад-

Рис. 23. Структурная схема К1814ВЕ2

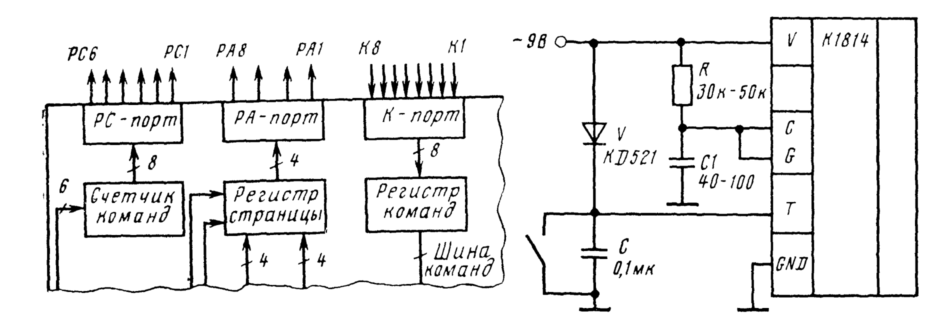


Рис. 24. Отличие структуры БИС К1814ВЕ3 от структуры ОМЭВМ К1814ВЕ2

Рис. 25. Схема подключения RC-цепи к БИС К1814 для возбуждения генерации

рес R-выхода поступает по команде ТСУ в РУ из ПЗУ, а по команде SETR выбранный R-выход фиксируется (защелкивается). Регистр РУ можно использовать как РОН и счетчик для получения длительных задержек. Запись констант в РУ и увеличение или уменьшение его на единицу происходит за один командный цикл.

Постоянное запоминающее устройство имеет для К1814ВЕ2 16×64 восьмибитовых слов и содержит коды команд программ. Адрес страницы содержит четырехбитовый регистр адреса страницы (РАС), а буферный регистр адреса (БРАС) загружается по команде LDP адресом новой страницы, который затем перемещается в РАС. Счетчик команд шестибитовый, определяет один из 64 адресов слов на выбранной странице, причем счет осуществляется по определенному закону, приведенному в табл. 14. Регистр возврата из подпрограммы (РВ) содержит слово, адрес которого равен СК+1.

При подаче питания СК переходит в состояние 0, а РАС — F_{16}, затем СК начинает счет. Для изменения последовательности счета в СК заносится шестибитовый код из поля операндов команд BR или CALL при этом одновременно в РАС загружается четырехразрядный адрес страницы перехода из буферного регистра адреса страницы. Если в РАС из БРАС загружается адрес той же страницы, то переход идет в пределах одной страницы, т. е. короткое ветвление программы. Для реализации перехода на другую страницу ПЗУ (длинное ветвление) перед командами BR или CALL в БРАС загружают адрес страницы перехода из поля команды LDP. Тогда по командам BR или CALL происходит длинное ветвление с переходом на другую страницу памяти.

Возможность ветвления, т. е. переход по командам BR и CALL, определяет сигнал триггера состояния S. Если S=1, то ветвление возможно, т. е. 6 бит, определяющие новый адрес слова ПЗУ, поступают из шины данных ПЗУ в СК. Если S=0 — ветвления нет, а СК переходит в следующее состояние. Переход триггера состояния в ноль осуществляется, если нет переноса при операции в

Таблица 14. **Порядок адресации команд**

Номер команды	Восьмеричные значения счетчика	Номер команды	Восьмеричные значения счетчика	Номер команды	Восьмеричные значения счетчика	Номер команды	Восьмеричные значения счетчика
0	00	16	47	32	34	48	42
1	01	17	16	33	70	49	04
2	03	18	35	34	61	50	11
3	07	19	72	35	43	51	23
4	17	20	65	36	06	52	46
5	37	21	53	37	15	53	14
6	77	22	26	38	33	54	31
7	76	23	54	39	66	55	62
8	75	24	30	40	55	56	45
9	73	25	60	41	32	57	12
10	67	26	41	42	64	58	25
11	57	27	02	43	51	59	52
12	36	28	05	44	22	60	24
13	74	29	13	45	44	61	50
14	71	30	27	46	10	62	20
15	63	31	56	47	21	63	40

АЛУ или имеет место логическое сравнение. Состояние S=0, сохраняется только в течение одного командного цикла, затем S=1, если следующая команда снова не установит S=0. Обращение к подпрограмме по команде CALL возможно, если S=1, при этом БРАС и РАС обмениваются содержимым, триггер ветвления устанавливается в 1, адрес возврата из подпрограммы (СК+1) записывается в регистр возврата из подпрограммы, а поле адреса (операнд) команды CALL записывается в СК. При возврате из подпрограммы по команде RETN содержимое РВ (СК+1) возвращается в СК, а содержимое БРАС в РАС, триггер вызова сбрасывается в 0. Следует отметить, что переход к подпрограмме внутри подпрограммы недопустим.

Арифметико-логическое устройство (АЛУ), состоящее из сумматора-компаратора и логических схем, производит логическое сравнение, сложение, вычитание и арифметическое сравнение данных, поступающих с шины данных через входные мультиплексоры.

Результаты операций запоминаются в РУ или А. Результаты арифметических и логических операций влияют на сигнал состояния S, и если четырехразрядные слова на Р- и N-выходах сумматора совпадают, то S=0, а при их несовпадении S=1. При арифметическом и логическом сравнении состояния регистров РУ и А не меняются, а S влияет на ветвление программы, и при S=1, если встречаются команды BR или CALL, они выполняются. Если условие, которое воздействует на S при выполнении некоторой команды, не выполняется, то триггер состояния сбрасывается в 0, и при S=0 происходит пропуск следующей по порядку команды. В течение одного командного цикла S=0. Всего 18 команд воздействует на сигнал состояния.

Триггер состояния (ТС) запоминает сигнал состояния и по команде T1Q пересылает его в выходной Q-регистр. Триггер состояния, установленный в состояние 1 при выполнении некоторой команды, например YNEA при $\langle Y\rangle \neq \langle A\rangle$, будет находиться в этом состоянии, пока в результате выполнения другой команды, например YNEA при $\langle Y\rangle = \langle A\rangle$, в триггер состояния не будет записан 0.

Аккумулятор (А) является регистром хранения входных данных с шины констант и D-входов, содержимого РУ, а также способен инвертировать свое содержимое перед отсылкой в АЛУ, что позволяет осуществлять операцию вычитания. Через А информация с D-входов передается в ОЗУ и из ОЗУ в Q-регистр. В Q-регистр из А и ТС информация передается командой T1Q. Очистка Q-регистра осуществляется командой CLQ.

Дешифратор команд преобразует восьмиразрядные слова из программной памяти (из ПЗУ) в микрокоманды, имеющие свою мнемонику. Причем 12 из 43 команд дешифрируются жесткой логикой, а оставшиеся 31 декодируются в микрокоманды с помощью ПЛМ, которая может быть изменена пользователем путем изменения фотошаблона на этапе изготовления. Каждая из 31 команд декодируется в комбинацию микрокоманды, всего же 16 микрокоманд. В одном машинном цикле требующиеся микрокоманды выполняются в определенной последовательности.

Все команды ОМЭВМ имеют один из четырех форматов. Первый формат имеют команды: CPAIZ, ALEM, COMX, BR, CALL. В этом формате в двух старших разрядах байта команды записывается код операции, а шесть младших разрядов образуют поле адреса перехода.

Во втором формате четыре старших разряда задают код операции, а четыре младших образуют четырехразрядное поле константы или адреса страницы программной памяти. В этом формате задаются команды: TCУ, TCMIУ, ALEC, УNEC, LDP.

Команды SBIT, RBIT, TBITI, LDX, задаются в третьем формате. При этом шесть старших разрядов байта команды задают код операции, а два младших бита образуют поле адреса бита ячейки ОЗУ.

Все остальные команды записываются в четвертом формате, при котором все восемь разрядов байта команды задают код операции.

Ввод-вывод. Однокристальная микро-ЭВМ имеет входной D-порт, R-выходы, используемые для управления периферийными устройствами; Q-выходы для передачи и отображения информации.

Ввод данных с D-порта осуществляется по командам TDA. Выдача содержимого аккумулятора в Q-порт происходит по команде TIQ при S=1. Для управления внешними устройствами используют R-выходы, к ним подключают индикаторы и т. п. Адресацию R-выходов производит Y-регистр. R-выходы могут индивидуально устанавливаться в 1 и сбрасываться программно по командам SETP и RSTR, обеспечивая тем самым, например, распознавание входной информации с клавиатуры при подключении линий строк клавиатуры к R-выходам, а столбцов — к D-входам. При этом замыкание одной из кнопок клавиатуры распознается программой, так как известно каким R-выходам и D-входам это соответствует. После идентификации клавиши может выполняться соответствующая команда. Следует отметить, что в одном командном цикле может устанавливаться или сбрасываться только одна ячейка R-регистра, адресуемая текущим состоянием регистра Y.

Для удобства представления информации, записанной в Q-регистр, к его выходам подключается шифратор, выполненный на базе ПЛМ, мощностью в 20 произведений. Это позволяет, например, легко осуществлять отображение информации Q-регистра на семисегментном индикаторе и т. п.

Программирование выходной ПЛМ производится с помощью маски в процессе изготовления БИС и выполняется в соответствии с требованиями заказчика. В отладочной ОМЭВМ КМ1814ВЕ3 выходная ПЛМ изотовляется как повторитель.

Установка исходного состояния. Исходное состояние БИС характеризуется наличием во всех четырех разрядах регистра адреса страницы и буферного регистра адреса страницы единиц; нулевым состоянием шестиразрядного счетчика команд и наличием нулей на Q- и R-выходах.

Установка в исходное состояние осуществляется при подаче питания на БИС с помощью встроенной схемы инициализации. Если источник питания БИС не обеспечивает крутые фронты нарастания питающего напряжения, то по входу T необходимо создавать задержку во времени установления уровня нулевого сигнала относительно питающего напряжения путем подключения дополнительного конденсатора емкостью порядка 0,1 мкФ (рис. 25). Разряд этой емкости при отключении напряжения питания происходит через диод.

Установку исходного состояния в произвольный момент времени возможно осуществить путем задания на T-входе напряжения высокого уровня (путем замыкания ключа шунтирующего емкость) на время не менее шести машинных циклов при нулевой информации на D-входах.

Таким образом, ОМЭВМ серии К1814 обладают достаточно широкими возможностями, просты в применении, и на их основе возможно построение разнообразных микроконтроллерных систем управления.

Отладочные средства ОМЭВМ

Описанная в [23] универсальная отладочная система легко перестраивается на любой тип микропроцессоров с жесткой системой команд и может быть использована при отладке четырехразрядной ОМЭВМ К1814, восьмиразрядной ОМЭВМ КМ1816 и микро-ЭВМ на основе МПК КР580.

Результатом работы отладочного устройства является информация на магнитном носителе, которая позволяет сформировать маску фотошаблона для встроенного в ОМЭВМ ПЗУ или управлять работой программатора. Основой отладочной системы является микроЭВМ «Электроника-60» или «Электроника НЦ-80-20/2» (ДВК), которые программно совместимы с СМ ЭВМ.

Однако для отлаживаемых программ объемом менее 2К байт более доступные и выгодные, благодаря малой стоимости, автономные отладочные устройства [23]. Они снабжены (рис. 26) пультом управления шестнадцатеричной клавиатурой и однострочным дисплеем и состоят из блока загрузки и управления и отладочной модели.

Основой отладочной модели (ОМ) является отладочная БИС ОМЭВМ, которая в режиме прогона задает выборку адресов и интерпретирует команды, полученные из памяти программ. Другим важным элементом является ПЗУ служебных команд, которое подключается к отладочной БИС в точке останова и

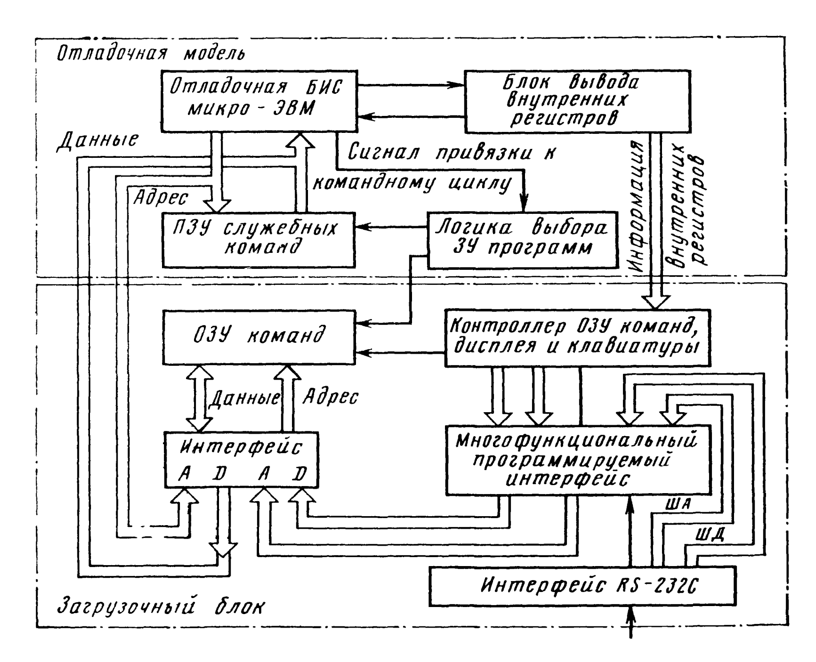


Рис. 26. Структурная схема автономного отладочного устройства

обеспечивает чтение регистров и восстановление статуса. Постоянное запоминающее устройство служебных команд подключается к отладочной БИС после завершения считывания из основной программной памяти.

Блок загрузки и управления (БЗУ) обеспечивает загрузку и чтение программы пользователя, организовывает связь с внешней ЭВМ и различные режимы работы отладочной модели. Он включает одноплатную микро-ЭВМ, интерфейс для организации взаимодействия внутри и с внешней микро-ЭВМ, ОЗУ программ и контрольных точек, клавиатуру и однострочный дисплей.

К выходу БЗУ могут подключаться программаторы любого типа (например, для ППЗУ с ультрафиолетовым стиранием типа К573Р1, Р2). На рис. 27 в качестве примера возможного исполнения представлена схема автономного отладочного устройства для ОМЭВМ КМ1816ВЕ48.

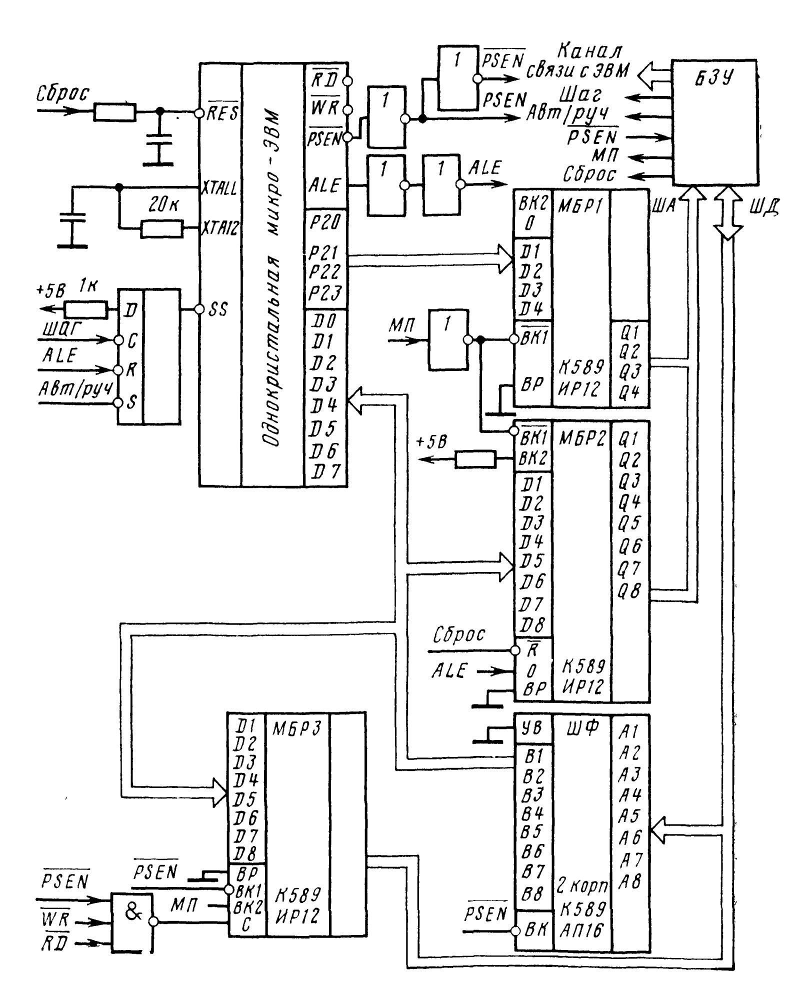


Рис. 27. Автономное отладочное устройство для ОМЭВМ КМ1816ВЕ48

Применение ОМЭВМ

ОМЭВМ КМ1816ВЕ48 в контроллере клавиатуры [19]. Приведенный пример наглядно демонстрирует такие преимущества БИС серии К1816, как их совместимость с достаточно развитой и широко распространенной серией БИС КР580, а также и ТТЛ-схемами, что определяет дополнительные удобства при построении различных устройств сопряжения. Данный контроллер предназначен для формирования кодов букв, знаков цифр и команд в коде КОИ-7 или КОИ-8 для передачи во внешние устройства. Его питание осуществляется от источника постоянного тока напряжением 5 В. Схема контроллера клавиатуры показана на рис. 28.

На индикаторе режима работы клавиатуры отображаются пять различных режимов: НР — нижний регистр, ВР — верхний регистр, ЛАТ — латинские символы, РУС — русские символы, СУ — служебное управление.

Устройство сопряжения с каналом формирует сигналы: готовность источника (ГИ), строб (СТР), и контрольный разряд (КР).

Программа работы контроллера клавиатуры в памяти 400 байт, что позволяет использовать резерв памяти (600 байт) для создания различных модификаций контроллера. Алгоритм работы представлен на рис. 29. Защита от дребезга контактов клавиатуры и определение момента нажатия клавиши происходит программно. Формирование кода координаты нажатой клавиши совмеще-

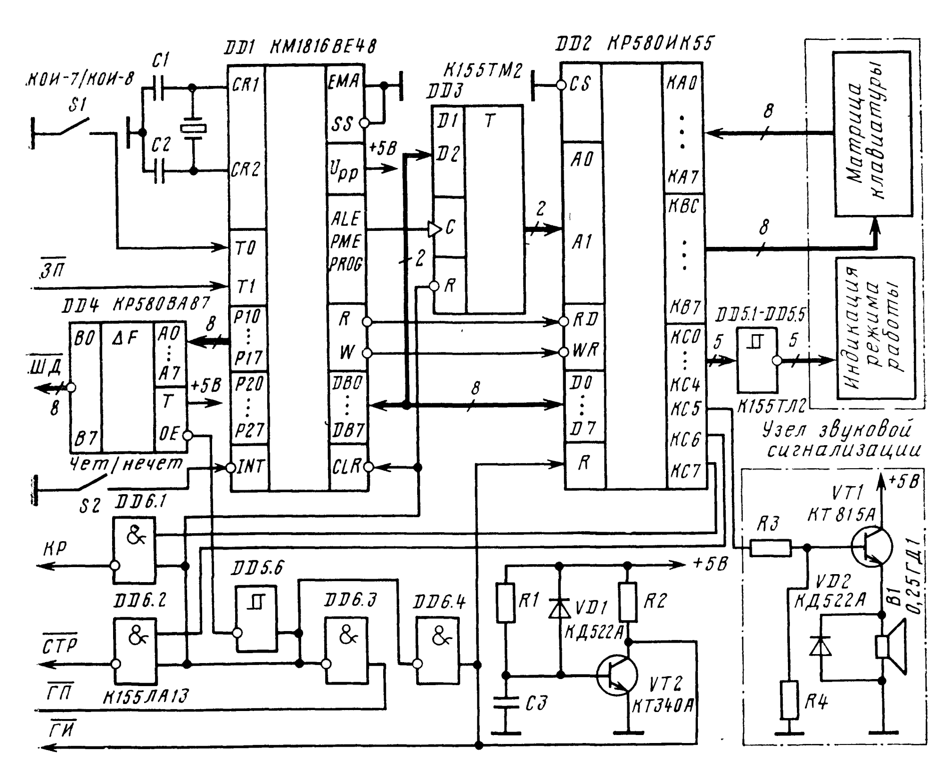


Рис. 28. Схема контроллера клавиатуры на БИС КМ1816ВЕ48

Подготовка контроллера к работе
Подготовка контроллера к опросу клавиш
Клавиша нажата? Нет / Да
Задержка на время дребезга контактов
Дребезг окончился? Нет / Да
Формирование кода координаты нажатой клавиши
Клавиатура работает в режиме функции? Нет / Да
Переход к выполнению программы функции
Формирование вспомогательного кода
Формирование кода смещения
Формирование кода идентификации
Нажата функциональн клавиша? Да / Нет
Нажата служебная клавиша? Да / Нет
Формирование служебного кода (в КОИ-8)
Нажата клавиша режима работы? Да / Нет
А
Нажата клавиша знака/цифры? Да / Нет
Формирование адреса базового кода команды/буквы
Формирование адреса базово го кода знака/цифры
Формирование кода символа (в КОИ-8)
А
Формирование кодов индикации и режима работы
Данные выводить в КОИ-7? Нет / Да
Формирование команды вх/вых если нажата клавиша лат/рус
А
Б
Данные выводить в КОИ-7 Нет / Да
Формирование кода символа в КОИ-7
Б
Вывод
Формирование звукового сигнала
Клавиша отпущена? Да / Нет
Автоматический вывод разрешен? Нет / Да
Формирование задержки на время дребезга контактов
Дребезг контактов окончился Нет / Да

Рис. 29. Алгоритм работы контроллера клавиатуры

но с проверкой на наличие или отсутствие одновременного нажатия нескольких клавиш. При формировании кода нажатой клавиши проверяются признаки, указывающие на работу клавиатуры в режиме функции, и при их наличии осуществляется переход к подпрограмме выполнения заданной функции.

Если же нажата клавиша символа, команды или режима работы, контроллер начинает формировать соответствующий код. При этом код координаты нажатой клавиши преобразуется во вспомогательный код, по которому формируются коды смещения и идентификации; код идентификации преобразуется в базовый код, а уже на основе кодов смещения и базового — выходной код. В зависимости от положения переключателя S2 выходной код символа дополняется до четного или нечетного числа единиц.

Коды команд режимов работы клавиатуры (НР, ВР и т. д.) на внешнее устройство не выводятся.

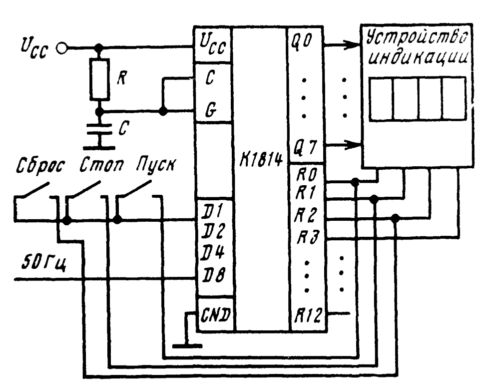


Рис. 30. Включение БИС К1814 для реализации секундомера

По окончании вывода одного байта данных формируется звуковой сигнал и проверяются условия, разрешающие повтор вывода данных. В конце программы реализуется защита от ложного срабатывания при отпускании клавиши.

Данный контроллер может использоваться в алфавитно-цифровых терминалах, в том числе в домашней ЭВМ, в различных отладочных системах.

ОМВЭМ К1814 при использовании в секундомере [18]. В качестве примера реализации устройства с использованием ОМЭВМ на рис. 30 приведена схема простого секундомера. На вход D8 подаются импульсы от внешнего генератора частотой 50 Гц.

Разряды R0—R3 используются для сканирования индикатора и опроса клавиатуры, причем высокий уровень сигнала на R-выходах соответствует разрешению свечения соответствующего разряда индикатора.

Выходная матрица ПЛМ закодирована для преобразования содержимого Q-регистра в коды семисегментного индикатора. Программа, записанная в ПЗУ ОМЭВМ, которая позволяет реализовать на данной БИС секундомер, приведена в [18].

При нажатии на кнопку пуска начинается счет времени с отображением на четырехразрядном индикаторе десятых долей секунды, секунд, десятков секунд и минут. Сброс показаний или остановка счета времени происходит при нажатии на кнопки «Сброс» или «Стоп».

Известно множество применений микропроцессоров в бытовой технике: в приборах домашнего обихода (стиральные и швейные машины, пылесосы и т. д.), в бытовой радиоэлектронной аппаратуре (видеомагнитофоны, радиоприемники и т. п.), в домашней технике (регулирование отопления, охранные устройства), в игрушках (электрическая дорога, интеллектуальные игры) и даже в горнолыжных креплениях. Некоторые примеры использования микропроцессоров за рубежом представлены в [24]. Их использование в изделиях бытовой техники позволяет реализовывать новые функции в системах и устройствах, повышать комфортность этих систем, уменьшать энергопотребление, упрощать и повышать качество управления, а также внедрять в бытовую технику речевое управление.

Приложение 1. Примеры управления объектом с помощью микроконтроллера К145ИК1807

Пример 1. Пусть выполнение некоторой операции длится 45 мин 30 с. При этом в течение 15 мин на Y1—Y8 следует задавать управляющий код 01100000, а затем перейти на выполнение команды по адресу 19. Рассмотрим (табл. П1) прошивку восьмибитового ПЗУ для данного отрезка программы, считая, что запись происходит, начиная с нулевого адреса ПЗУ.

По адресу 0 и 1 ПЗУ записана двухбайтовая команда установки полного времени выполнения программы, где время выполнения записывается с точностью до десятков секунд. Далее по адресам 2 и 3 задано в минутном интервале время выполнения операции. Переход на 19 ячейку ПЗУ по окончании времени выполнения операции (15 мин) записан в 4 ячейку. При этом адрес перехода определяется суммой последнего адреса данной макрокоманды (6) и числа, записанного во второй тетраде (13), т. е. задается адрес 19 ячейки ПЗУ.

Таблица П1. **Прошивка ПЗУ К145ИК1807**

Адрес ПЗУ	Записанный код	Комментарий	Адрес ПЗУ	Записанный код	Комментарий
0	1010 0100	НВ 45 мин 30 с	3	0001 0101	
1	0101 0011		4	0001 1101	ПВ+13
2	0011 0000	ВВ$_м$ 15 мин	5	1100 0000	КУ
			6	0110 0000	код 0110 0000

Код команды управления записан по адресу 5 ПЗУ, а сам управляющий код, который должен появиться на выходах Y1—Y8, занесен в 6 ячейку ПЗУ. Следует помнить, что команды НВ, ВВ$_с$, ВВ$_м$, ПВ$_м$ выполняются после команды КУ, а до появления этой команды они считываются и накапливаются во внутренней памяти контроллера.

Пример 2. В процессе выполнения некоторой операции, которая длится 41 мин [10], последовательно контролируется наличие трех состояний датчиков. При совпадении кодов цикл повторяется. Циклический опрос датчиков заканчивается по истечении заданного времени (41 мин), и далее происходит переход на заданную команду программы. В табл. П2 приведена прошивка ПЗУ для данной программы. Начинается данный участок программы с некоторого адреса (П).

На данном участке программы содержится три макрокоманды, заканчивающиеся командой КУ, причем условие перехода по времени (ПВ) и его адрес записаны в первой и третьей макрокомандах, откуда и возможен переход на продолжение программы. При совпадении кодов опроса с контрольной информацией по окончании данной макрокоманды происходит переход к следующей команде программы, а если коды не совпадают, то происходит переход на начало выполнения данной макрокоманды. Описываемая часть программы заканчивается безусловным переходом на ее начало, а выход из данного отрезка программы на следующий адрес произойдет по истечении заданного времени.

Таблица П2. **Пример записи программы К145ИК1807**

Адрес ПЗУ	Записываемая информация	Комментарий	Адрес ПЗУ	Записываемая информация	Комментарий
П	00110000	ВВ 41 мин	П+9	11000000	КУ код 11001001
П+1	01000001		П+10	11001001	
П+2	00011110	ПВ+14	П+11	00010110	ПВ+6
П+3	00101001	ОД код датчика 1001	П+12	00100100	ОД код датчика 0100
П+4	10101111	Код опроса 10101111	П+13	10000001	Код опроса 10000001
П+5	11000000	КУ код 10101100	П+14	11000000	КУ код 10011000
П+6	10101100		П+15	10011000	
П+7	00100011	ОД код датчика 0011	П+16	0100—(П+2)	БП на П+2
П+8	11001001	Код опроса 11001001	П+17	—	

Пример 3. Программа управления тремя объектами. Причем объекты включаются в работу последовательно и алгоритм их работы таков: включение, затем выдержка времени в течение двух секунд, выключение и через 6 с выдержки данный алгоритм, т. е. включение, двухсекундная выдержка и выключение, повторяется со вторым объектом и т. д. Полный цикл работы заканчивается, когда все три объекта отработают по заданному алгоритму. Заданы три цикла выполнения. Программа работы представлена в табл. П3. Адреса и информация в программе представлены в восьмеричном коде. При этом

$$13_{10}=1011_2=13_8.$$

По адресам от 04 до 017 записана подпрограмма пуска, т. е. алгоритм включения объекта двухсекундной выдержки включенного состояния, включение и выдержка выключенного состояния в течение 8 с.

Таблица П3. **Программа управления трёмя объектами**

Адрес в восьмеричном коде	Записываемая информация в восьмеричном коде	Комментарий
04	31	ВВ 2 с
05	02	Время заполнения операции 2 с
06	141	КУ
07	00	Пуск объекта
010	60	МКУ
011	00	Запоминание кода управления «0»
012	31	ВВ 6 с
013	06	Время паузы 6 с
014	141	КУ
015	00	Выключение объекта
016	150	ВП
017	—	Выход из подпрограммы пуска
10	125	НВ 13 мин 50 с
11	31	Индикация: 1 — десятки минут, 3 — минуты, 5 — десятки секунд
2	60	Мку (код 10000000)
3	100	Запоминание кода управления первым объектом
4	50	ПП
5	04	Переход на подпрограмму пуска
6	60	МКУ (код 01000000)
7	40	Запоминание кода управления вторым объектом
1010	50	ПП
11	04	Переход на подпрограмму пуска МКУ (код 00100000)
13	20	Запоминание кода управления объектом
14	50	ПП
15	04	Переход на подпрограмму пуска
16	130	Цикл. Смещение адреса назад и количество циклов (3)
17	215	
20	110	Стоп

Приложение 2. Система команд однокристальной микроЭВМ КМ1816ВЕ48

Таблица П4

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
				Команды пересылки данных	
MOV	A, Rr (r=0—7)	11111rrr	1	(A)←(Rr)	Передача содержимого регистра общего назначения (РОН) в А
MOV	Rr, A (r=0—7)	10101rrr	1	(Rr)←(A)	Передача содержимого А в РОН
MOV	A, @ Rr (r=0—1)	1111000r	1	(A)←((Rr))	Передача содержимого ячейки памяти данных в А. Содержимое ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r передается в А. Содержимое регистра r не меняется
MOV	@ Rr, A (r=0—1)	1010000r	1	((Rr))←(A)	Передача содержимого А в память данных. Содержимое А передается в ячейку памяти данных, адрес которой указывается разрядами 0—5 регистра r. Содержимое регистра r не меняется
MOVX	A, @ Rr (r=0—1)	1000000r	2	(A)←((Rr))	Передача содержимого ячейки внешней памяти данных в А. Содержимое ячейки внешней памяти данных адресуемой регистром r передается в А. Содержимое регистра r не меняется
MOVX	@ Rr, A (r=0—1)	1001000r	2	((Rr))←(A)	Передача содержимого А в регистр внешней памяти данных. Содержимое А передается в ячейку внешней памяти данных, адресуемую регистром r. Содержимое регистра r не меняется
MOV	Rr#данные (r=0—7)	10111rrr / данные	2	(Rr)←данные	Непосредственная передача данных в РОН
MOV	@ Rr#данные (r=0—1)	1011000r / данные	2	((Rr))←данные	Непосредственная передача данных в память данных. Восьмиразрядный код данных передается в ячейку резидентной памяти данных, адресуемую разрядами 0—5 регистра r

MOV	A#данные	00100011 данные	2	(A)←данные	Непосредственная передача данных в A
MOV	A, PSW	11000111	1	(A)←(PSW)	Передача содержимого регистра состояний в A
MOV	PSW, A	11010111	1	(PSW)←(A)	Передача содержимого A в регистр состояний. В результате этой передачи изменяются все биты условий и указатель стека
MOVP	A, @A	10100011	2	(PCW 0—7)←(A) (A)←((PC))	Передача данных текущей страницы в A. Содержимое ячейки памяти программ, адресуемой A, передается в A. Изменяются разряды 0—7 счетчика команд в пределах текущей страницы. После выполнения этой команды происходит восстановление содержимого счетчика команд. Примечание. Если эта команда записана в 255-й ячейке страницы памяти программ, то аккумулятор адресует ячейку, расположенную на следующей странице
MOVP3	A, @A	11100011	2	(PC 0—7)←(A) (PC 8—10)←011B (A)←((PC))	Передача данных третьей страницы в A. Содержимое ячейки памяти программ, находящейся на третьей странице и адресуемой аккумулятором, передается в A. После выполнения этой команды происходит восстановление содержимого счетчика команд
XCH	A, Rr (r=0—7)	00101rrr	1	(A)↔(Rr)	Обмен содержимого аккумулятора и РОН
XCH	A, @Rr (r=0—1)	0010000r	1	(A)↔((Rr))	Обмен содержимого аккумулятора и содержимого ячейки памяти данных. Содержимое аккумулятора обменивается с содержимым ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r. Содержимое регистра r не меняется
XCH	A, @Rr (r=0—1)	0011000r	1	(A 0—3)↔((Rr 0—3))	Обмен содержимого четырех младших разрядов A с содержимым четырех младших разрядов ячейки памяти данных. По этой команде происходит обмен 0—3 разрядов A с 0—3 разрядами ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r. Разряды 4—7 аккумулятора и разряды 4—7 ячейки памяти данных, а также содержимое регистра r остаются без изменения

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
				Команды работы с аккумулятором	
ANL	A, Rr (r=0—7)	01011rrr	1	(A)←(A)AND(Rr)	Логическое И содержимого A с содержимым РОН
ORL	A, Rr	01001rrr	1	(A)←(A)OR(Rr)	Логическое ИЛИ содержимого A с содержимым РОН
XRL	A, Rr (r=0—7)	11011rrr	1	(A)←(A)XOR((Rr))	Исключающее ИЛИ содержимого A с содержимым РОН
ANL	A, @Rr (r=0—1)	0101000r	1	(A)←(A)AND((Rr))	Логическое И содержимого A с содержимым ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r
ORL	A, @Rr (r=0—1)	0100000r	1	(A)←(A)OR((Rr))	Логическое ИЛИ содержимого A с содержимым ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r
ANL	A#данные	01010011 данные	2	(A)←(A)AND данные	Логическое И содержимого A с непосредственными данными
ORL	A#данные	01000011 данные	2	(A)←(A)OR данные	Логическое ИЛИ содержимого A с непосредственными данными
XRL	A#данные	11010011 данные	2	(A)←(A)XOR данные	Исключающее ИЛИ содержимого A с непосредственными данными

RR	A	01110111	1	(An)←(An+1) (A7)←(A0) n=0—6	Циклический сдвиг вправо без переноса. Содержимое A сдвигается на один разряд. Разряд 0 переходит на позицию разряда 7
PL	A	11100111	1	(An+1)←(An) (A0)←(A7) n=0—6	Циклический сдвиг влево без переноса. Содержимое A сдвигается влево на один разряд. Разряд 7 переходит на позицию разряда 0
RRC	A	01100111	1	(An)←(An+1) (A7)←(C) (C)←(A0) n=0—6	Циклический сдвиг с переносом. Содержимое A сдвигается вправо на один разряд. Разряд 0 переходит на позицию разряда переноса. Разряд переноса переходит на позицию разряда 7
RLC	A	11110111	1	(An+1)←(An) (A0)←(C), (C)←(A7) n=0—6	Циклический сдвиг влево с переносом. Содержимое A сдвигается влево на один разряд. Разряд 7 переходит на позицию разряда переноса. Разряд переноса переходит на позицию разряда 0

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
ADD	A, Rr (r=0—7)	01101rrr	1	(A)←(A)+(Rr)	Сложение содержимого РОН и содержимого A
ADDC	A, Rr (r=0—7)	01111rrr	1	(A)←(A)+(Rr)+(C)	Сложение содержимого разряда переноса и содержимого РОН с содержимым A. Содержимое разряда переноса складывается с содержимым нулевого разряда A и разряд переноса очищается. Затем содержимое регистра r складывается с содержимым A
ADD	A, @Rr (r=0—1)	0110000r	1	(A)←(A)+((Rr))	Сложение содержимого ячейки памяти данных с содержимым A. Содержимое ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r, складывается с содержимым A
ADDC	A, @Rr (r=0—1)	0111000r	1	(A)←(A)+((Rr))+(C)	Сложение содержимого разряда переноса и содержимого ячейки памяти данных с содержимым A. Содержимое разряда переноса складывается с содержимым 0-разряда A, и разряд переноса очищается. Затем содержимое ячейки памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r, складывается с содержимым A
ADD	A#данные	00000011 данные	2	(A)←(A)+данные	Непосредственное сложение данных с содержимым A
ADD	A#данные	00010011 данные	2	(A)←(A)+данные+(C)	Сложение содержимого разряда переноса и данных с содержимым A. Содержимое разряда переноса складывается с нулевым разрядом A, и разряд переноса очищается. Затем производится непосредственное сложение данных с содержимым A
CLR	A	00100111	1	A←0	Обнулить A

CRL	A	00110111	1	(A)←NOT(A)	Инвертирование содержимого A. Код, содержащийся в A, заменяется на обратный. Каждая единица заменяется на нуль, и наоборот
DA	A	01010111	1		Десятичная коррекция. Двоичный код A представляется в двоично-десятичной форме в виде двух четырехразрядных цифр. Как правило, эта операция следует за операцией сложения. Содержимое бита переноса изменяется. Если содержимое разряда 0—3 A больше девяти или если промежуточный бит переноса равен единице, содержимое A инкрементируется на шесть. Затем проверяются четыре старших разряда. Если содержимое разрядов 4—7 больше девяти или если бит переноса 1, содержимое этих разрядов увеличивается на шесть. Если имеет место переполнение, бит переноса устанавливается в 1, если нет переполнения, он устанавливается в 0
INC	A	00010111	1	(A)←(A)+1	Инкрементирование содержимого A. Содержимое A увеличивается на 1
DEC	A	00000111	1	(A)←(A)—1	Декрементирование содержимого A. Содержимое A уменьшается на 1
SWAP	A	01000111	1	(A 4—7)↔(A 0—3)	Обмен местами содержимого четырех младших и четырех старших разрядов A. Содержимое разрядов 0—3 A меняется местами и соответственно с содержимым разрядов 4—7 A
XRL	A, @Rr (r=0—1)	1101000r	1	(A)←(A)XOR((Rr))	Исключающее ИЛИ содержимого A с ячейкой памяти данных, адресуемой разрядами регистра 0—5 r

Команды ввода-вывода

IN	A, P_p (p=0—2)	000010pp	2	(A)↔(P_p)	Данные, поступившие на порты 0—3, передаются в A
INS	A, BUS	00001000	2	(A)←(BUS)	Стробируемый ввод данных из порта данных в A. Данные из порта данных передаются (считываются) в A, по заднему фронту $\overline{RD}$
OUTL	P_p, A (p=1,2)	001110pp	2	(P_p)←(A)	Вывод данных из A в порт 1—2 и фиксация
OUTL	P0, A	10010000	2	(P0)←(A)	Вывод данных из A в порт 0 и фиксация

Продолжение табл. П4

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
OUTL	BUS, A	00000010	2	(BUS)←(A)	Вывод данных из A в порт данных. Данные из A передаются в порт данных и фиксируются до тех пор, пока не поступит новая команда OUTL. Любая другая команда, требующая использования порта данных (за исключением команды INS), разрушает содержимое порта данных. К ним относятся команды по расширению памяти (например, команда MOUX)
MOVD	A, P_p (p=4—7)	000011pp	2	(A 0—3)←(P_p) (A 4—7)←0	Передать данные из порта 4—7 в A. Данные из порта p ИС расширителя передаются в разряды 0—3 A. Разряды 4—7 аккумулятора обнуляются. Разряды 0—1 кода операции используются для кодирования номера портов 4—7, следующим образом: Разряд 1 0 — Порт 0 0 — 4 0 1 — 5 1 0 — 6 1 1 — 7
MOVD	P_p, A (p=4—7)	001111pp	2	(P_p)←(A 0—3)	Передача содержимого разрядов 0—3 A в порт 4—7. Содержимое разрядов 0—3 A передается в порт p ИС расширителя. Содержимое разрядов 4—7 A не меняется. Номер порта кодируется, как в предыдущей команде
ANL	BUS#данные	10011000 данные	2	(BUS)←(BUS) AND данные	Логическое И содержимого порта данных с непосредственными данными. Перед этой командой должна пройти команда OUTL BUS, A
ORL	P_p#данные	100010pp данные	2	(P_p)←(P_p)0 данные	Логическое ИЛИ данных на портах 1—2 с непосредственными данными

ORL	BUS#данные	10001000 данные	2	(BUS)←(BUS)OR данные	Логическое ИЛИ данных на порте данных с непосредственными данными. Перед этой командой должна пройти команда OUTL BUS, A
ANLD	P_p, A (p=4—7)	100111pp	2	(P_p)←(P_p)AND (A0—A3)	Логическое И содержимого порта (4.7) с маской, содержащейся в А. Логическое И данных порта p с маской, содержащейся в разрядах 0—3 А. Результат записывается в порт p. Содержимое А не меняется. Примечание. Номер порта p кодируется разрядами 0—1 кода операции следующим образом: Разряд 1 0 — Порт 0 0 — 4 0 1 — 5 1 0 — 6 1 1 — 7
ORLD	P_p, A	100011pp	2	(P_p)←(P_p)OR (A 0—3)	Логическое ИЛИ содержимого порта 4—7 с маской, содержащейся в А. Логическое ИЛИ содержимого порта p с цифровой маской, содержащейся в разрядах 0—3 А; результат записывается в порт p. Содержимое А не меняется (см. примечание в команде ANLD)
ANL	P_p#данные	1001100pp данные	2	(P_p)←(P_p)AND данные	Логическое И данных на портах 1—2 с непосредственными данными

Команды работы с регистрами

INC	@, Rr (r=1, —2)	0001000r	1	((Rr))←((Rr))+1	Инкрементирование содержимого ячейки памяти данных. Содержимое ячейки резидентной памяти данных, адресуемой разрядами 0—5 регистра r, инкрементируется на 1
DEC	Rr (r=0—7)	11001rrr	1	(Rr)←(Rr)—1	Декрементирование содержимого РОН. Содержимое рабочего регистра уменьшается на 1
INC	Rr (r=0—7)	00011rrr	1	(Rr)←(Rr)+1	Инкрементирование содержимого РОН. Содержимое рабочего регистра r увеличивается на 1

Продолжение табл. П4

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
				Команды перехода	
JMP		адр00100	2	(PC 8—10)←адрес 8—10 (PC 0—7)←адрес 0—7 (PC11)←(DBF)	Безусловный переход по адресу, указанному в данной команде Содержимое разрядов 0—10 счетчика команд замещается непосредственно указанным в команде адресом. Содержимое разряда 11 счетчика команд определяется последней командой SELMB
JMPP	@ , A	10110011	2	(PC 0—7)←((A))	Безусловный переход по адресу, содержащемуся в аккумуляторе. Переход осуществляется внутри текущей страницы памяти программ. Содержимое аккумулятора (разряды 0—7) загружается в счетчик команд. Разряды 8—11 счетчика команд не изменяются
JC	адрес	11110110 адрес	2	Если C=1, (PC 0—7)←адрес	Переход, если разряд переноса установлен в 1. Управление программой передается по указанному адресу, если разряд переноса установлен в 1
JNC	адрес	11100110 адрес	2	Если C=0, (PC 0—7)←адрес	Переход, если разряд переноса установлен в 0. Управление программой передается по указанному адресу, если в разряде переноса записан 0
JZ	адрес	11000110 адрес	2	Если A=0, (PC 0—7)←адрес	Переход, если содержимое A равно 0. Управление программой передается по указанному адресу, если во время выполнения этой команды во всех разрядах A нули. Содержимое A контролируется постоянно
JNZ	адрес	10010110 адрес	2	Если A=0, (PC 0—7)←адрес	Переход, если содержимое A не ноль. Управление программой передается по указанному адресу, если в момент выполнения этой команды содержимое A не нуль. Содержимое A контролируется постоянно

JF0	адрес	10110110 адрес	2	Если F0=1, (PC 0—7)←адрес	Переход, если флаговый разряд (F0) установлен в 1. Управление программой передается по указанному адресу, если флаговый разряд (F0) установлен в 1
JF1	адрес	01110110 адрес		Если F1=1,	Переход, если флаговый разряд (F1) установлен в 1.
				(PC 0—7)←адрес	Управление программой передается по указанному адресу, если флаговый разряд (P0) установлен в единицу
JT0	адрес	00110110 адрес		Если T0=1, (PC 0—7)←адрес	Переход, если уровень TEST0 высокий. Управление программой передается по указанному в команде адресу, если уровень сигнала TEST0 высокий (равен единице)
JNT0	адрес	00100110 адрес	2	Если T0=0, (PC 0—7)←адрес	Переход, если уровень TEST0 низкий. Управление программой передается по указанному адресу, если уровень сигнала TEST0 низкий (равен нулю)
JT1	адрес	01010110 адрес		Если T1=1, (PC 0—7)←адрес	Переход, если уровень TEST1 высокий. Управление программой передается по указанному в команде адресу, если уровень сигнала TEST1 высокий (равен единице)
JNT1	адрес	01000110 адрес	2	Если T1=0, (PC 0—7)←адрес	Переход, если уровень TEST1 низкий. Управление программой передается по указанному в команде адресу, если уровень сигнала TEST1 низкий (равен нулю)
JTF	адрес	00010110 адрес	2	Если TF=1, (PC 0—7)←адрес	Переход, если флаговый разряд таймера установлен в 1. Управление программой передается по указанному в команде адресу, если разряд флага таймера установлен в 1, т. е. регистр таймер/счетчик событий переполнен. Тестирование флагового разряда таймера устанавливает в нем нуль. (Это переполнение запускает последовательность обслуживания прерываний, если прерывание разрешено)
JT0	адрес	10000110 адрес	2	Если I=0, (PC 0—7)←адрес	Переход, если на входе прерывания низкий уровень. Управление передается по указанному в команде адресу, если уровень входного сигнала прерывания низкий (равен нулю), т. е. запрос на внешние пре-

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
					рывания поступил. Этот сигнал запускает последовательность обслуживания прерываний, если внешние прерывания разрешены
JBb	адрес	bbb10010 адрес	2	Если Bb=1, (PC 0—7)←адрес	Переход, если один из разрядов A установлен в 1. Управление передается по указанному в команде адресу, если «b» разряд A установлен в 1
DJNZ	Rr, адрес (r=0—7)	11101rrr адрес	2	(Rr)←(Rr)—1 Если содержимое Rr на 0, (PC 0—7)←адрес	Декрементирование содержимого РОН и тестирование. Содержимое регистра r уменьшается на единицу и тестируется на «нуль». Если регистр содержит только нули, управление программой передается следующей команде. Если содержимое регистра не нуль, происходит управляемый переход по указанному во втором байте адресу. В этом случае восьмиразрядный регистр адреса обеспечивает возможность адресования к 256 ячейкам текущей страницы
				Команды обращения к подпрограмме	
CALL	адрес	адр10100 адрес	2	((SP))←(PC), (PCW 4—7) (PC 8—10)←адрес 8—10 (PC 07)←адрес 0—7 (PC11)←DBF	Вызов подпрограммы. Содержимое счетчика команд и содержимое разрядов 4—7 регистра состояний засылаются в стек. Указатель стека (содержимое разрядов 0—2 регистра состояний) сохраняется. Управление программой передается в ячейку с адресом, указанным в данной команде. Содержимое П-разряда счетчика команд определяется последней командой SELMB.

					После возвращения из подпрограммы выполнение программы продолжается с команды, следующей за командой CALL
RET		10000011	2	(SP)←(SP)—1 (PC)←((SP))	Возврат из подпрограммы обслуживания прерываний без восстановления содержимого регистра состояний. Содержимое указателя стека (разряды 0—2 регистра состояний) декрементируется. Содержимое счетчика команд восстанавливается из стека. Содержимое разрядов 4—7 регистра состояний не восстанавливается
RETR		10010011	2	(SP)←(SP)—1 PS←((SP))	Возврат из подпрограммы обслуживания прерываний с восстановлением содержимого регистра состояний. Указатель стека декрементируется. Содержимое счетчика команд и содержимое разрядов 4—7 регистра состояний восстанавливаются из стека

Команды управления

EN	1	00000101	1		Разрешение внешних прерываний. Внешние прерывания разрешаются сигналом низкого уровня на входе прерывания $\overline{INT}$
DIS	1	00010101	1		Запрещение внешних прерываний. ОМЭВМ не реагирует на поступление низкого уровня на входе $\overline{INT}$
SEL	MB0	11100101	1	(DBF)←0	Выбор нулевого банка (MB0) памяти программ. Разряд счетчика команд устанавливается в 0. Нулевой банк размещен в ячейках 0—2047 памяти программ
SEL	MB1	11110101	1	(DBF)←1	Выбор первого банка памяти (MB1) программ, П-разряд счетчика команд устанавливается в 1. Первый банк размещен в ячейках 2048—4095 памяти программ
SEL	RB0	11000101	1	(BS)←0	Выбор нулевого банка рабочих регистров памяти данных. Разряд 4 регистра состояний устанавливается в 0. Рабочие регистры 0—7 занимают ячейки 0—7 памяти данных

Окончание табл. П4

Мнемоника	Операнды	Машинный код	Количество циклов	Описание	Комментарий
SEL	RB1	11010101	1	(BS)←1	Выбор первого банка рабочих регистров памяти данных. Разряд регистра состояний устанавливается в единицу. Рабочие регистры 0—7 занимают ячейки 24—31 памяти данных
NOP		00000000	1		Нет операции. Программа продолжается со следующей команды
ENTO	CLK	01110101	1		Разрешение вывода импульсов синхронизации. Эта функция запрещается командой системного сброса
				Команды работы с таймером/счетчиком	
STRT	CNT	01000101	1		Запуск счетчика событий. Регистр счетчика событий инкрементируется каждый раз, когда на выводе TI происходит переход уровня напряжения с высокого на низкий
STOP	TCNT	01100101	1		Останов таймера/счетчика событий
EN	TCNT1	00100101	1		Разрешение прерываний по переполнению таймера/счетчика событий. Переполнение таймера/счетчика событий запускает последовательность обработки прерываний
DIS	TCNT1	00110101	1		Запрещение прерываний при переполнении таймера/счетчика событий
STRT	T	01010101	1		Запуск таймера. Накопление происходит в регистре таймера, который инкрементируется через каждые 32 командных цикла. Счетчик командных циклов начинает счет с нуля
MOV	T, A	01100010	1	(T)←(A)	Загрузка таймера/счетчика из аккумулятора
MOV	A, T	01000010	1	(A)←(T)	Передача содержимого регистра таймера/счетчика в A

Команды манипуляции с флажками

CPL	C	10100111	1	(C)←NOT(C)	Инвертирование содержимого разряда переноса
CLR	F0	10000101	1	(F0)←0	Содержимое флагового разряда (F0) устанавливается в 0
CPL	F0	10010101	1	(F0)←NOT(F0)	Инвертирование содержимого флагового разряда (F0)
CLR	F1	10100101	1	(F1)←0	Содержимое флагового разряда (F1) устанавливается в 0
CPL	1	10110101	1	(F1)←NOT(F1)	Инвертирование содержимого флагового разряда (F1)
CLR	C	10010111	1	C←0	Очистка разряда переноса Во время выполнения программы разряд переноса может быть установлен в 1 командами ADD, ADDC, RLC, RRC, CRLC, DA. Команда CLRC позволяет обнулить разряд переноса

Приложение 3. **Система команд однокристальной микроЭВМ К1814**

Таблица П5

Тип операции	Мнемоника	Влияние на ТС	Описание	Выполняемое действие
Пересылки	CLA	I	Очистить аккумулятор	О→А
регистр	TAУ	I	Переслать содержимое аккумулятора в Y-регистр	А→У
регистр	TУA	I	Переслать содержимое Y-регистра в аккумулятор	У→А
Пересылки	TAM	I	Переслать содержимое аккумулятора в память	А→ОЗУ (X, Y)
регистр — память	TAMIY	I	Переслать содержимое аккумулятора в память, увеличить Y-регистр	А→ОЗУ (X, Y), Y+1→У, если Y=15 I→TC
	TAMZA	I	Переслать содержимое аккумулятора в память, очистить аккумулятор	А→ОЗУ (X, Y), 0→А

Окончание табл. П5

Тип операции	Мнемоника	Влияние на ТС	Описание	Выполняемое действие
Пересылки память регистр	TMA	I	Переслать содержимое памяти в аккумулятор	ОЗУ (X, Y)→A
	TMY	I	Переслать содержимое памяти в Y-регистр	ОЗУ (X, Y)→У
	XMA	I	Поменять содержимое памяти и аккумулятора	ОЗУ (X, Y)↔A
Арифметические операции	AMAAC	C	Сложить содержимое аккумулятора и памяти, результат в аккумулятор	A+ОЗУ (X, Y)→A, если Y≥15 1→TC
	SAMAN	C	Вычесть содержимое аккумулятора из содержимого памяти, результат в аккумулятор	ОЗУ (X, Y)→A→A, если A≤ОЗУ, то 1→TC
	IMAC	C	Увеличить содержимое памяти, результат в аккумулятор	ОЗУ (X, Y)+1→A, если A=15, 1→TC
	DMAN	C	Уменьшить содержимое памяти, результат в аккумулятор	ОЗУ (X, Y)—1→A, если ОЗУ=0, то 0→TC
	DAN	C	Декрементировать аккумулятор	A—1→A, 1→TC, если A≥1, 0→TC
	IYC	C	Увеличить содержимое Y-регистра	Y+1→Y, если Y=15, 1→TC
	DYN	C	Уменьшить содержимое Y-регистра	Y—1→Y, если Y=10, 0→TC
	CPAIZ	C	Образовать дополнение содержимого аккумулятора до 2	A+1→A, если A=0, 0→TC
	A6AAC	C	Сложить содержимое аккумулятора с константой 5, результат в аккумулятор	A+6→A, если A=15, 1→TC
	A8AAC	C	Сложить содержимое аккумулятора с константой 8, результат в аккумулятор	A+8→A, если A=15, 1→TC
	A10AAC	C	Сложить содержимое аккумулятора с константой 10, результат в аккумулятор	A+10→A, если A=15, 1→TC
	IA	I	Увеличить содержимое аккумулятора	A+1→A
Арифметическое сравнение	ALEM	C	Установить ТС, если содержимое аккумулятора меньше или равно памяти	Если A≤ОЗУ (X, Y), то 1→TC
	ALEC	C	Установить ТС, если содержимое аккумулятора меньше или равно константе	Если A≤C, то 1→TC
Логическое сравнение	MNEZ	N	Установить ТС, если содержимое памяти не равно нулю	Если ОЗУ (X, Y)≠0, то 1→TC

	YNEA	N	Установить ТС, если содержимое Y-регистра не равно содержимому аккумулятора	Если Y≠A, то 1→ТС
	YNEC	N	Установить ТС, если содержимое Y-регистра не равно константе	Если Y≠C, то 1→ТС
	DNEZ	N	Установить ТС, если входные данные не равны нулю	Если входные данные≠0, то 1→ТС
Операции с разрядами памяти	SBIT	I	Установить бит памяти	1→ОЗУ (X, Y, B)
	TBIT	N	Установить ТС, если установлен бит памяти	Если ОЗУ (X, Y, B)=1, то 1→ТС
	RBIT	I	Сбросить бит памяти	0→ОЗУ (X, Y, B)
Пересылки константы	TCY	I	Переслать константу в Y-регистр	C→Y
	TCMIY	I	Переслать константу в память, увеличить Y-регистр	0→ОЗУ (X, Y), Y+1→Y
Операции ввода	TDA	I	Переслать входные данные в аккумулятор	Входные данные→A
Операции вывода	SETR	I	Установить разряд выходного R-порта	1→R(Y)
	RSTR	I	Сбросить разряд выходного R-порта	0→R(Y)
	TIQ	I	Переслать содержимое аккумулятора в выходной Q-регистр	A→Q
	CLQ	I	Очистить Q-регистр	0→Q
Адресация	LDX	I	Загрузить константу в X-регистр	C→X
ОЗУ данных	COMX	I	Инвертировать содержимое X-регистра	X→X
Адресация ПЗУ программ	BR	I	Условный переход, если ТС равен единице	Если ТС=1, то БРАС→РАС, W→CR
	CALL	I	Обращение к подпрограмме, если ТС=1	Если ТС=1, то W→СК, СК→РВ, БРАС→РАС
	RETN	I	Возврат из подпрограммы	РВ+1→СК, БРАС→РАС
	LDP	I	Загрузить константу в буферный регистр адреса страницы	C→БРАС

Примечание. I — занесение логической 1 в ТС; С — занесение переноса из старшего разряда сумматора в ТС; N — занесение результата сравнения из АЛУ в ТС, если операнды не равны, заносится единица.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Микропроцессорные** комплекты интегральных схем. Состав и структура: Справочник/В. С. Борисов, А. А. Васенков, Б. М. Малашевич и др.; под ред. А. А. Васенкова, В. А. Шахнова. — М.: Радио и связь, 1982. — 192 с.
2. **Березенко А. И.** и др. Микропроцессорные комплекты повышенного быстродействия/А. И. Березенко, Л. Н. Корягина, А. Р. Назарьян. — М.: Радио и связь, 1981. — 168 с.
3. **Интегральные** микросхемы: Справочник/Б. В. Тарабрин, Л. Ф. Лунин, Ю. Н Смирнов и др.; под ред. Б. В. Тарабрина. — М.: Радио и связь, 1984. — 582 с
4. **Алексенко А. Г., Галицын А. А., Иванников А. Д.** Проектирование радиоэлектронной аппаратуры на микропроцессорах: Программирование, типовые решения, методы отладки. — М.: Радио и связь, 1984. — 272 с.
5. **Вершинин О. Е.** Применение микропроцессоров для автоматизации технологических процессов. — Л.: Энергоатомиздат. Ленингр. отд-ние, 1986. — 208 с.
6. **Балашов Е. П., Пузанков Д. В.** Микропроцессоры и микропроцессорные системы: Учебное пособие для вузов/Под ред. В. Б. Смолова. — М.: Радио и связь, 1981. — 328 с.
7. **Коффрон Дж.** Технические средства микропроцессорных систем. Практический курс: Пер. с англ. — М.: Мир, 1983. — 344 с.
8. **Каган Б. М., Сташин В. В.** Микропроцессоры в цифровых системах. — М.: Энергия, 1979. — 192 с.
9. **Однокристальные** микрокомпьютеры в системах управления./В. П. Захаров, Ю. М. Польский, Л. М. Солдатенко и др.; под ред. В. П. Захарова. — Киев: Технiка, 1984 — 96 с.
10. **Захаров В. П.** Программируемые однокристальные микроконтроллеры серии К145//Электронная промышленность. — 1983. — № 3. — С. 27—30.
11. **Захаров В. П., Кузьмин В. В., Солдатенко Л. М., Упин А. Ф.** Программируемые микрокалькуляторы в информационно-измерительных системах//Электронная промышленность. — 1983. — № 3. — С. 16.
12. **Голец Н. Т., Захаров В. П., Польский Ю. М., Солдатенко Л. М.** Автономные управляющие системы на основе микроконтроллеров//Электронная промышленность. — 1983. — № 3 — С. 59.
13. **Малашевич Б. М., Шахнов В. А., Коночкин Э. И.** Термины и определения: Микропроцессорные средства и системы. Микропроцессорные интегральные микросхемы//Микропроцессорные средства и системы. — 1984. — № 3.
14. **Малашевич Б. М., Шахнов В. А., Коночкин Э. И.** Термины и определения Микропроцессорные модули//Микропроцессорные средства и системы. — 1984 — № 4. — С. 88—90.
15. **Малашевич Б. М., Шахнов В. А., Коночкин Э. И.** Термины и определения: Внешние запоминающие устройства//Микропроцессорные средства и системы. — 1985. — № 1. — С. 91—93.
16. **Кобылинский А. В., Липовецкий Г. П.** Однокристальные микроЭВМ серии К1816//Микропроцессорные средства и системы. — 1986. — № 1. — С. 10—19.
17. **Крылов Е. И.** Однокристальные микроЭВМ серий К1814, К1820, К1816//Микропроцессорные средства и системы. — 1985. — № 2. — С. 3—7.
18. **Златопольский В. Н., Лобов И. Е., Стоянов А. И., Шадрин И. А.** Однокристальные 4-разрядные микроЭВМ серии К1814//Микропроцессорные средства и системы. — 1985. — № 1. — С. 3—10.
19. **Воронин В. И., Макаров К. В., Старшова В. А.** Контроллеры клавиатуры на базе однокристальной микроЭВМ КМ1816ВЕ48//Микропроцессорные средства и системы. — 1985. — № 3. — С. 36—38.
20. **Клингман Э.** Проектирование микропроцессорных систем: Пер. с англ./Под ред. С. Д. Пашкеева. — М.: Мир, 1980. — 576 с.
21. **Блум Н., Бард Д., Рафаэль, Штамм Д.** 8-разрядный микрокомпьютер на одном кристалле//Электроника. — 1976. — № 24. — С. 24—33.
22. **Уокерли Дж.** Архитектура и программирование микроЭВМ: Пер. с англ. — М.: Мир. 1984. — Кн. 2. — С. 286—310.
23. **Иванов В. И., Лобанов В. И., Митрофанов А. В.** Отладочные средства для малоразрядных однокристальных микроЭВМ//Микропроцессорные средства и системы. — 1984. — № 2. — С.42—45.
24. **Королькевич В. А., Шведов А. Н.** Микропроцессоры в бытовой технике//Зарубежная электронная техника. — 1983. № X (286). — С. 1—95.

СОДЕРЖАНИЕ

ПОПРАВКА

В выпускных данных следует читать:
Бумага типографская № 1.
Цена 50 коп.

50 к.



Микро-процессоры в бытовой технике

Издательство «Радио и связь»